

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

Кафедра статистики, эконометрики и естествознания

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

по дисциплине

«Безопасность жизнедеятельности»

для студентов, обучающихся по направлениям

080100.62 «Экономика»

080500.62 «Менеджмент»

Казань 2011

Составители: к.т.н., доцент Двоеглазов Б.Ф.

к.х.н., доцент Марченко Г.А.

к.т.н., доцент Мухаметгалеев Д.М.

к.х.н., доцент Сафина Л.Р.

Рецензент: д.т.н., профессор Азимов Ю.И.

Учебное пособие обсуждено на заседании кафедры естествознания  
11.06.10, протокол № 8.

Контроль качества:

методист: к.п.н., доцент Пайгунова Ю.В.

ст. методист: к.э.н., доцент Калинина Т.Н.

начальник

отдела УККО: к.э.н., доцент Андреева Р.Н.

## Содержание

Введение .....	5
1. Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение БЖД .....	6
1.1. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды .....	6
1.2. Сфера использования показателей экономического ущерба от загрязнения окружающей среды .....	10
1.3. Определение экономического ущерба от загрязнения среды обитания .....	12
1.4. Методика расчёта экономического ущерба от загрязнения атмосферы .....	18
1.5. Рекомендации по укрупненной оценке от загрязнения водоемов .....	29
1.6. Контрольные вопросы по разделу .....	31
1.7. Задачи .....	32
2. Оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях .....	40
2.1. Дозиметрический и химический контроль .....	42
2.2. Единицы измерения радиационных величин .....	43
2.3. Количественные показатели токсических нагрузок на человека .....	46
2.4. Приборы радиационной разведки и дозиметрического контроля .....	47
2.5. Приборы химической разведки .....	50
3. Характеристика чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного характера .....	53
3.1. Оценка радиационной обстановки на объекте экономики .....	53
3.2. Понятие о проникающей радиации и поражении населения .....	53
3.3. Методика оценки радиационной обстановки .....	62
3.4. Проверочные задачи для контроля усвоения материала .....	72
3.5. Контрольные задачи. ( Вариант выбирается по порядковому номеру в списке группы) .....	73
4. Характеристика ЧС химического характера .....	78

4.1. Химически опасные объекты (ХОО) .....	81
4.2. Характеристика и классификация аварийно химически опасных веществ (АХОВ) и сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) .....	83
4.3. Особенности возникновения и развития аварий на химически опасных объектах .....	91
4.4. Правила безопасности на ХОО и меры по предупреждению аварий. ....	98
4.5. Прогнозирование аварийной химической обстановки .....	102
4.6. Определение размеров, площади зоны химического заражения (ЗХЗ) и количественных характеристик выброса АХОВ .....	104
4.7. Определение времени подхода заражённого воздуха к определённому рубежу .....	118
4.8. Определение времени поражающего действия АХОВ .....	119
4.9. Определение границ возможных очагов химического заражения ..	119
5. Упрощенная методика оценки возможности возгорания .....	124
5.1. Методические подходы к расчетам .....	124
5.2. Определение плотности теплового потока .....	125
5.3. Определение размеров факела пламени .....	128
5.4. Варианты задач для самостоятельной работы .....	129
6. Упрощенная методика оценки параметров взрыва .....	132
6.1. Основные положения методического подхода к расчету .....	132
6.2. Расчетные соотношения, используемые при решении задач. ....	132
6.3. Оценка степени повреждения зданий в условиях городской застройки .....	135
6.4. Варианты задач для самостоятельной работы .....	136
Приложение .....	137
Список рекомендованной литературы .....	152

## **Введение**

Учебное пособие подготовлено в целях приобретения студентами теоретических знаний и практических навыков по оценке химической, радиационной, инженерной и пожарной обстановки, оценке и расчету экономического ущерба, возникающего в результате техногенного загрязнения окружающей природной среды.

В пособии представлен материал по следующим темам курса «Безопасность жизнедеятельности»: «Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение БЖД»; «Характеристика чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного, химического, биологического, пожаро- и взрывоопасного характера»; «Защита населения и ликвидация последствий в чрезвычайных ситуациях (ЧС)».

Каждый тематический раздел учебного пособия содержит основные теоретические положения, необходимые для выполнения расчетов студентами; примеры расчетов с использованием предложенных методик; аналоговые задачи для самостоятельной работы; задания для проверки усвоения материала; варианты задач для проведения контрольных работ.

## **1. Экономические последствия и материальные затраты на обеспечение БЖД**

### ***1.1. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды***

Величина ущерба от загрязнения окружающей среды непосредственно влияет на объём национального дохода. Вследствие загрязнения окружающей природной среды величина национального дохода уменьшается за счёт снижения потенциала производства. При этом часть национального дохода, идущего на потребление и накопление, расходуется на ликвидацию отрицательных последствий от загрязнения. Таким образом, на народнохозяйственном уровне он представляет собой сумму недополученного национального дохода плюс перераспределённую часть потребления, а также использованную на компенсацию воздействия загрязнения окружающей среды часть накопления.

Формирование ущерба можно рассматривать на трёх уровнях:

- в виде дополнительных затрат в источнике выбросов на предотвращение отрицательных последствий от загрязнения окружающей среды;
- в виде дополнительных затрат в окружающей среде на ликвидацию отрицательных последствий;
- в виде потерь, урона на объекте и других отрицательных изменений.

По времени действия ущерба различают текущий (фактический) и прогнозный ущерб. Кроме того, ущерб бывает - потенциальный, возможный и предотвращённый.

**Потенциальный** - это такой ущерб, который существует, но дополнительных затрат на его ликвидацию в настоящее время не требуется. Например, в связи с загрязнением атмосферы большое количество пыли может выпадать на дороги и тротуары, но ее никто не убирает, более быстро загрязняется одежда, но срок между стирками не сокращается и т.д. С развитием экономики, повышением благосостояния людей, ростом их куль-

турных запросов потенциальный ущерб будет переходить в фактический.

**Возможный ущерб** - это тот экономический ущерб, который мог бы быть или уже нанесен народному хозяйству в результате выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Например, выбросами химического комбината в водный бассейн наносится ущерб в 50 млн.рублей в год. Если бы не были проведены мероприятия по предотвращению ущерба, то возможный ущерб составил бы 120 млн. рублей в год.

В настоящее время имеется, в основном, три способа оценки ущерба: прямой счет, аналитический метод, эмпирический метод.

**Прямой счёт** ущерба основан на сопоставлении затрат - на лечение населения, поддержание урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности скота, сроков службы основных фондов в районе с загрязненной окружающей средой и в контрольном (чистом) районе.

**Аналитический метод** оценки ущерба основан на использовании предварительно выведенных зависимостей между отдельными показателями реципиентов (получателей загрязнения) и уровнем загрязнения окружающей среды.

**Эмпирический метод** оценки экономического ущерба основан на использовании отраслевых и народнохозяйственных методик.

Следует отметить, что первые два метода носят научный и исследовательский характер.

Масштабы производства и развитие экономики требуют более полного учета фактора времени в экономических расчётах, в том числе и при определении экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. Учёт фактора времени в расчетах экономического ущерба от загрязнения окружающей среды имеет свои особенности. В этом случае приходится учитывать не прирост национального дохода на единицу затрачиваемого рабочего времени, а увеличение его потерь.

Структура комплексного ущерба на различных предприятиях и в

различных промышленных районах не одинакова, и, следовательно, будет различной динамика комплексного экономического ущерба для каждого конкретного случая.

Одной из форм проявления действия фактора времени в экономике является динамика эффективности капитальных вложений. Этот процесс можно проиллюстрировать на примере инвестиций в мероприятия по защите окружающей среды. Чем раньше будут вложены средства, тем больший размер ущерба удастся предотвратить и тем выше отдача капитальных вложений.

Ущерб от загрязнения окружающей среды формируется под влиянием трех факторов: степени загрязнения окружающей среды (**фактор влияния**), количества объектов, воспринимающих негативное влияние загрязнения (**факторы восприятия**), и нормативных экономических показателей, отражающих ущерб (**факторы состояния**).

**К факторам влияния** в общем случае могут быть отнесены концентрации, количество и токсичность вредных веществ в данном районе. В свою очередь, факторы влияния зависят от ряда параметров. Для случая загрязнения атмосферного воздуха такими факторами являются: объём, структура и токсичность выбрасываемых технологических газов, технические особенности источников выбросов (концентрация, климатические и топологические факторы), то есть те факторы, которые способствуют созданию в данном районе концентрации загрязняющих веществ. При этом может рассматриваться также акустическое (шумовое) загрязнение окружающей среды и терминальное загрязнение вод. В первом случае в качестве факторов влияния следует рассматривать частоту звука, во втором - температурные изменения воды.

**Факторы восприятия** представляют собой объекты народного хозяйства, попадающие в зону загрязнения и воспринимающие его негативное воздействие: население, элементы коммунального хозяйства, сельско-



хозяйственные площади, основные фонды промышленности, транспорта, связи.

**К факторам состояния** относятся экономические показатели, которые служат для перевода изменений в обществе и природе в стоимостные оценки. Основными из них можно считать чистую продукцию, недопроизведенную в течение одного дня на одного заболевшего, стоимость различных работ по содержанию жилищно-коммунального хозяйства и городского общественного, - то есть всего, что необходимо одному человеку для проживания, а также стоимость единицы продукции лесного хозяйства, стоимость различных работ по содержанию единицы основных фондов, стоимость единицы утилизированного сырья.

Ущерб от источника выбросов может быть найден как сумма удельных ущербов. При этом под **удельными ущербами** понимается: ущерб, причиняемый народному хозяйству при сжигании единицы топлива (угля, нефти, газа, торфа, мазута и т.д.); при использовании единицы сырья (железной руды, нефти, газа, древесины, известняка, серы, сельскохозяйственного сырья и т.д.); при получении **единицы готовой продукции** (чугуна, стали, проката, электроэнергии, нефтехимических продуктов, строительных материалов, пищевых и других продуктов); ущерб, причиняемый **единицей выбросов** (пыли, сернистого ангидрида, окислов азота, тяжелых металлов, органических соединений и т.д.); ущерб, причиняемый **единицей концентрации загрязнителя в приземном слое атмосферы, в воде, а также в почве.**

Анализ укрупненных показателей ущерба показал, что наиболее надежным является показатель, который характеризует ущерб, причиняемый единицей вредных выбросов и единицей концентрации загрязнителя.

## ***1.2. Сфера использования показателей экономического ущерба от загрязнения окружающей среды***

Показатель экономического ущерба от загрязнения окружающей среды применяется в ряде случаев: при решении вопросов размещения производительных сил, при оптимизации проектных решений, для выбора стратегии в области охраны окружающей среды, для выбора стратегии развития технологий, конструкционных материалов, при решении экономического стимулирования в области охраны окружающей среды, при оценке эффективности ресурсосберегающих технологий, при разработке нормативов платежей.

### *Размещение производительных сил*

Прогноз будущего развития территории должен включать и показатели прогноза экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. В настоящее время во многих промышленных центрах дана оценка такого ущерба на длительный период. Наличие такого прогноза уже сейчас позволяет выявить проблемные ситуации, которые могут возникнуть, ликвидировать будущие «горячие точки» и отказаться от размещения в них отдельных объектов или предусмотреть соответствующие природоохранные мероприятия в них.

### *Оптимизация проектных решений*

Показатель экономического ущерба применяется при выборе вариантов промышленной и городской застройки, для размещения транспортных магистралей, объектов рекреационного назначения. Например, ущерб от загрязнения атмосферы одним из химических комбинатов, расположенным в 5 км от города, определен в 50 млн. рублей в год. Если бы комбинат был бы размещён проектантами в черте города, ущерб возрос в 8-10 раз.

### *Выбор стратегии в области охраны окружающей среды*

Стратегия в области охраны окружающей среды означает выбор важнейших социальных, экономических и технических целей, систему

приоритетов в их достижении. Оценка ущерба здесь необходима для пересмотра и уточнения структуры капитальных вложений на мероприятия по охране окружающей среды. При этом показатель экономического ущерба позволяет определить наиболее «грязные» отрасли и регионы.

#### *Выбор стратегии развития технологий*

Здесь необходима оценка не только прямых, но и косвенных затрат, то есть затрат и ущерба по всей технологической цепочке от получения сырья до эксплуатации готовой машины. Например, при оценке эффективности перехода на водородное топливо двигателей внутреннего сгорания нужно учитывать и экономический ущерб, связанный с эксплуатацией бензиновых двигателей, ущерб при добыче и переработке горючего, ущерб автомобильным транспортом, связанный, например, с деградацией лесов. Одновременно должен быть учтен экономический ущерб, наносимый при производстве электроэнергии, которая необходима при получении водорода. При оценке перспектив использования электроавтомобилей должен быть оценен экономический ущерб, связанный с производством аккумуляторов.

#### *Выбор конструктивных материалов*

Если учесть величину ущерба, возникающую при получении первичных материалов (дерева, стали, пластмассы, стекла и т.д.), то изменится и область применения конструкционных материалов.

#### *Экономическое стимулирование в области охраны окружающей среды*

В большинстве случаев природоохранная деятельность предприятий выгодна для народного хозяйства, но пока еще не находится на это должного стимулирования. Главная часть эффекта от таких мероприятий реализуется не на самом предприятии, а в смежных подразделениях народного хозяйства. В связи с этим была введена система платежей за загрязнение окружающей среды, платежей за природные ресурсы.

### *Оценка эффективности ресурсосберегающих технологий*

Основу промышленных загрязнений окружающей среды составляют отходы, в том числе и недоиспользованная часть ресурсов. Поэтому показатели экономического ущерба необходимы для объективной оценки эффективности ресурсо- и энергосберегающих технологий.

Использование конкретных оценок ущерба от загрязнения окружающей среды позволило перейти к созданию экономической системы платного природопользования, а также обосновать необходимые размеры инвестиций и мероприятия по охране окружающей среды.

### ***1.3. Определение экономического ущерба от загрязнения среды обитания***

Загрязненная среда может оказывать отрицательное воздействие на реципиентов (получателей загрязнения), проявляющееся в повышении заболеваемости людей, снижении их работоспособности, ухудшении условий жизни населения, снижении продуктивности природных ресурсов, ускоренном износе основных фондов и так далее.

В качестве основных реципиентов рассматриваются:

- население;
- объекты жилищно-коммунального хозяйства (селитебная территория, жилищный фонд, городской транспорт, зеленые насаждения);
- сельскохозяйственные угодья, животные и растения;
- лесные ресурсы;
- элементы основных фондов промышленности и транспорта;
- рыбные ресурсы;
- рекреационные и лечебно-курортные ресурсы.

Основными показателями состояния для населения являются работоспособность и потеря её в результате заболеваний и травматизма.

Для жилищно-коммунального хозяйства - это срок службы основных

фондов непроизводственной сферы, периодичность текущего и планового (предупредительного) ремонта жилых и общественных зданий, продолжительность межремонтных циклов капитальных ремонтов, продолжительность простоев оборудования в ремонте на предприятиях непроизводственной сферы, объём работ; необходимых для уборки городских территорий, количественное и качественное состояние городских зелёных насаждений.

Для сельскохозяйственных, лесных и рыбохозяйственных угодий - это их продуктивность, качество продукции сельского и лесного хозяйства, уровень загрязнения угодий, процент сухостойных насаждений и площадей эвтрофицированных водохранилищ и участков водоёмов, численность рыбных стад (с учётом ценности пород), уровень заболеваемости животных, растений и рыб.

Для основных фондов промышленности - это интенсивность физического износа и длительность межремонтных циклов, частота выхода из строя производственного оборудования, показатели интенсивности ремонтных работ, состояние транспорта, производительность машин и механизмов, показатели фондоотдачи в натуральных измерителях.

Для рекреационных ресурсов - это показатели качества рекреационных ресурсов, включая показатели частоты, потенциальная рекреационная ёмкость отдельных элементов этих ресурсов, степень освоенности и доступности ресурсов для населения, показатели фактического и перспективного уровня использования ресурсов, показатели объема основных фондов рекреационного назначения, уровень текущих затрат на поддержание требуемого состояния рекреационных ресурсов.

Загрязнение окружающей среды приводит к возникновению двух видов затрат в народном хозяйстве: затрат на предупреждение воздействия загрязненной среды на реципиентов, когда такое предупреждение - частичное или полное - технически возможно, и затрат, вызываемых воздей-

ствием на них загрязненной среды. Последние возникают, если полное предупреждение такого воздействия невозможно или если затраты на полное предупреждение воздействия оказываются большими, чем сумма затрат обоих типов при частичном предотвращении воздействия загрязненной среды на людей и различные объекты. Поскольку при выбросе загрязнений в среду подобные ситуации случаются часто, оба указанных типа затрат обычно существуют одновременно.

**Сумма затрат на предупреждение воздействия загрязненной среды на реципиентов и затрат вызываемых воздействием на них загрязненной среды называется экономическим ущербом, причиняемым народному хозяйству загрязнением окружающей среды (далее - экономическим ущербом от загрязнения окружающей среды).**

Затраты на предупреждение воздействия загрязненной среды на реципиентов при загрязнении водоёмов определяются величиной расходов, необходимых для предупреждения использования загрязненной воды на технологические и коммунально-бытовые нужды. К числу таких расходов относятся: затраты на разбавление сточных вод, применение более сложных, нежели в отсутствие загрязнений, способов очистки воды при водоподготовке, на перенос водозабора или перемещение водопотребителей к более чистым водным источникам, на организацию использования новых чистых источников и т.п.

При атмосферном загрязнении аналогичные затраты возникают при применении систем очистки (кондиционирования) воздуха, поступающего в жилые и производственные помещения, при подаче (из незагрязненного района) воздуха для технологических нужд, при создании санитарно-защитных зон и выносе источников загрязнения за пределы города.

При загрязнении акустической среды подобные затраты имеют место во всех случаях, когда между источником шума и людьми возводятся шумозащитные и экранирующие сооружения (стенки, насыпи, зеленые зоны),

проводится заглушение источника шума (автомагистралей, силовой установки и т.п.) или используются специальные шумозащитные конструкции окон, а также в случае предназначения зашумленного жилья под нежилые помещения и при выносе источника шума.

К затратам на предупреждение воздействия загрязненной среды относятся также затраты на сбор, удаление и захоронение отходов производства и потребления, включая потери от отчуждения земель на организацию мест хранения отходов.

Во всех случаях при определении ожидаемого экономического ущерба от загрязнения окружающей среды на основе вариантных расчетов устанавливается необходимая величина затрат на предупреждение воздействия загрязненной среды.

Затраты, вызываемые воздействием загрязненной среды на реципиентов, имеют место, главным образом, при загрязнении атмосферы, акустической среды населённых мест, а при загрязнении водных источников - у тех водопотребителей, водопользователей, которые используют загрязненную воду: орошаемое земледелие, гидротехнические сооружения и объекты. Величина этих затрат определяется расходами на компенсацию негативных последствий воздействия загрязнений на людей и различные объекты. Указанные затраты представляют собой сумму приведенных затрат:

- на медицинское обслуживание людей, заболевших вследствие загрязнения окружающей среды;
- компенсацию потерь чистой продукции из-за снижения производительности труда, а также невыходов трудящихся на работу в результате воздействия загрязнений окружающей среды на население;
- дополнительные услуги коммунально-бытового хозяйства из-за загрязнения окружающей среды;
- компенсацию количественных и качественных потерь продукции в

связи со снижением продуктивности земельных, лесных, водных и других ресурсов при загрязнении среды;

– компенсацию потерь промышленной продукции из-за воздействия загрязнений на основные фонды.

В составе затрат, вызываемых воздействием загрязненной среды, должны учитываться и затраты, вызываемые вторичным загрязнением: от сжигания отходов, их проникновения в окружающую среду в процессе хранения и т.п.

Одним из проявлений экономического ущерба населению является ухудшение состояния его здоровья в результате загрязнения окружающей среды. Повышение заболеваемости населения вызывает также дополнительные затраты и потери на лечение и медицинское обслуживание населения, недополучение продукции и, как следствие, - недополучение национального дохода, выплата пособий по временной утрате трудоспособности и др. Структура данного реципиентного ущерба может быть следующая: затраты на лечение и медицинское обслуживание - 20%, потери национального дохода (чистой продукции) - 45%, дополнительные выплаты пособий по временной нетрудоспособности - 35%.

Экономический ущерб жилищно-коммунальному и бытовому хозяйству выражается в виде затрат на дополнительные услуги коммунально-бытового хозяйства, уборку селитебной территории городов от пыли, содержание основных фондов жилищно-коммунального хозяйства и городского транспорта, замену зелёных насаждений и прочее. Структура данного вида ущерба охватывает дополнительные затраты на содержание элементов основных фондов - 75%, на зеленые насаждения и благоустройство территории - 10%, дополнительные затраты на коммунально-бытовые работы и услуги - 15%.

Экономический ущерб сельскому хозяйству определяется по величине затрат на компенсацию количественных и качественных потерь про-



дукции растениеводства и животноводства. Структура данного вида ущерба следующая: затраты на компенсацию потерь продукции растениеводства - 60%, животноводства - 40%.

Экономический ущерб лесному хозяйству определяется как дополнительные затраты на компенсацию потерь продукции в связи со снижением функционального состояния лесных ресурсов. Это проявляется в снижении годового естественного прироста древесины на корню, гибели лесных насаждений, затратах на выращивание молодняка взамен усохших деревьев, проведении дополнительных санитарных рубок леса и т.д. Укрепленная структура данного вида ущерба следующая: потери прироста и затраты на дополнительные санитарные рубки - 35%, снижение средозащитных и рекреационных функций леса - 60%, потери продукции побочного пользования (грибы, ягоды - 5%). Следует отметить, что структура ущерба лесному хозяйству в большей мере зависит от региональных особенностей.

Ущерб промышленности складывается из частных ущербов: от коррозии и ускоренного износа элементов основных фондов - 55%, по трудовым ресурсам - 29%, от потери продукции - 20%.

Оставшиеся виды реципиентов можно объединить в одну группу, куда входят: охраняемые природные территории, лечебно-курортные ресурсы и реакционные территории например, места массового отдыха, историко-архитектурные памятники и прочее. Методология оценки таких видов экономического ущерба в настоящее время разработана еще недостаточно.

В среднем структура экономического ущерба от загрязнения окружающей среды может быть представлена следующим образом:

- ущерб от повышенной заболеваемости населения - 40%;
- ущерб жилищно-коммунальному и бытовому хозяйству - 25%;
- ущерб сельскому и рыбному хозяйствам - 20%;
- ущерб лесным ресурсам - 5%;

– ущерб промышленности - 10%.

Структура экономического ущерба зависит также от типа городов. Для больших и средних городов с развитой инфраструктурой характерен большой удельный вес потенциальных ущербов, причиняемых коммунальному хозяйству и промышленности, а минимальный - сельскому и лесному хозяйствам. В небольших городах, наоборот, увеличивается удельный вес ущербов, причиняемых сельскому и лесному хозяйствам.

Выявив размер ущерба от загрязнения окружающей среды, необходимо стремиться к его снижению.

#### ***1.4. Методика расчёта экономического ущерба от загрязнения атмосферы***

Рассмотрим одну из методик расчета экономического ущерба, а именно методику укрупнённого расчёта для атмосферы. Расчет экономического ущерба осуществляется по эмпирической формуле:

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M, \quad (1.1)$$

где  $Y$  - оценка ущерба (руб./год);

$\gamma$  - стоимостный множитель, определяет ценовую величину за выбросы единицы загрязнителей, руб./усл.т. (например, 2.4 долл. США). Этот множитель зависит от многих условий: экономики, научно-технического прогресса, экологии и т.д.;

$\sigma$  - показатель относительной опасности загрязнения (безразмерная величина) данного вида территории, ЗАЗ (Зона Активного Загрязнения);

$f$  – величина, учитывающая характер рассеивания примеси в атмосфере (безразмерная величина);

$M$  – приведенная масса годового выброса загрязнений из источника (условная тонна/год).

Допускается, что загрязнение происходит только в определенной территории, зоне активного загрязнения. Форма и величина этой зоны активного загрязнения (ЗАЗ) различны и определяются многими факторами: объем выбросов, конструктивные характеристики оборудования, роза ветров, технологические показатели, климатические условия, свойства загрязнения. На рис. 1.1 – 1.3 изображены схемы выброса загрязнения и образование зоны активного загрязнения.

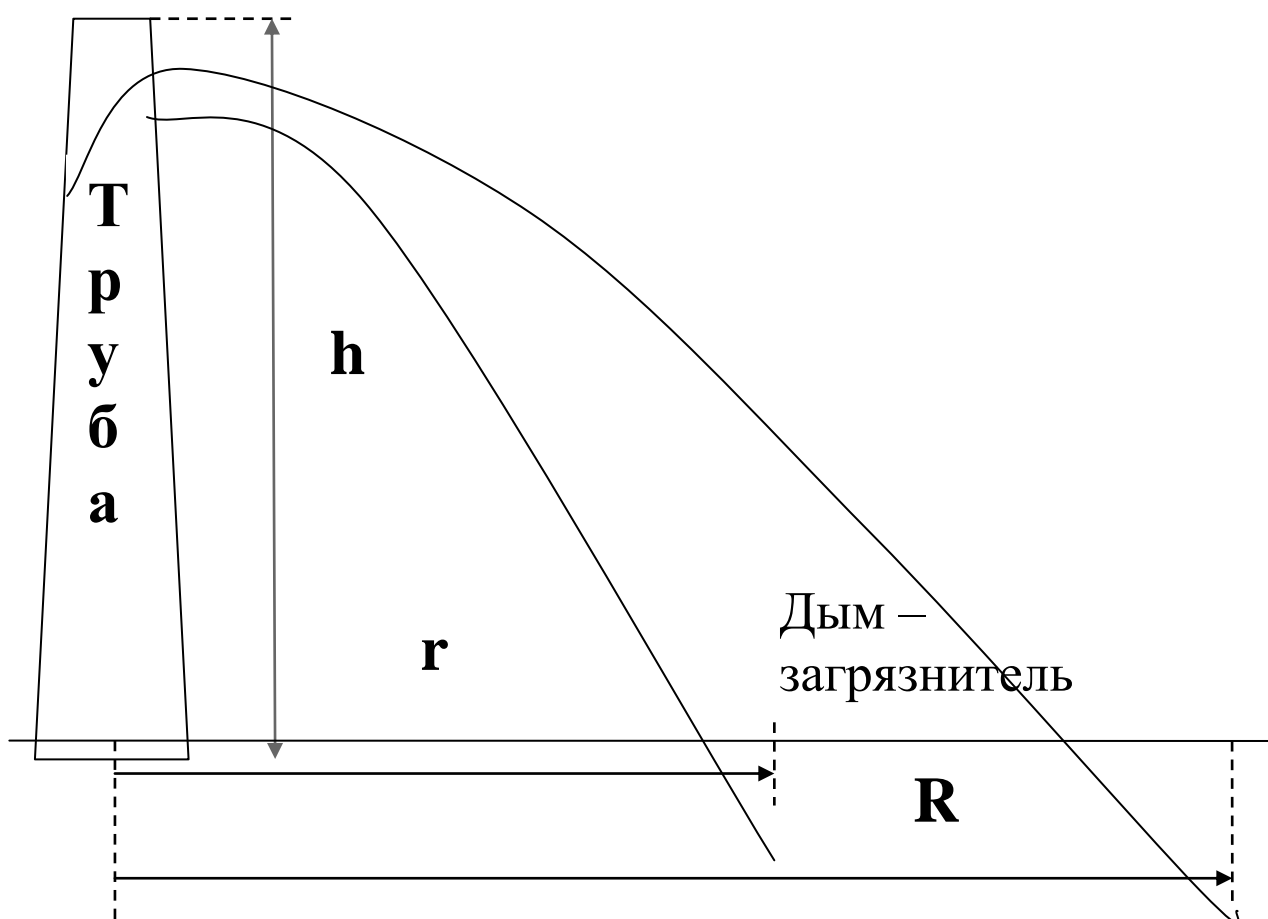


Рис. 1.1. Схема выброса загрязнения из трубы в ЗАЗ.

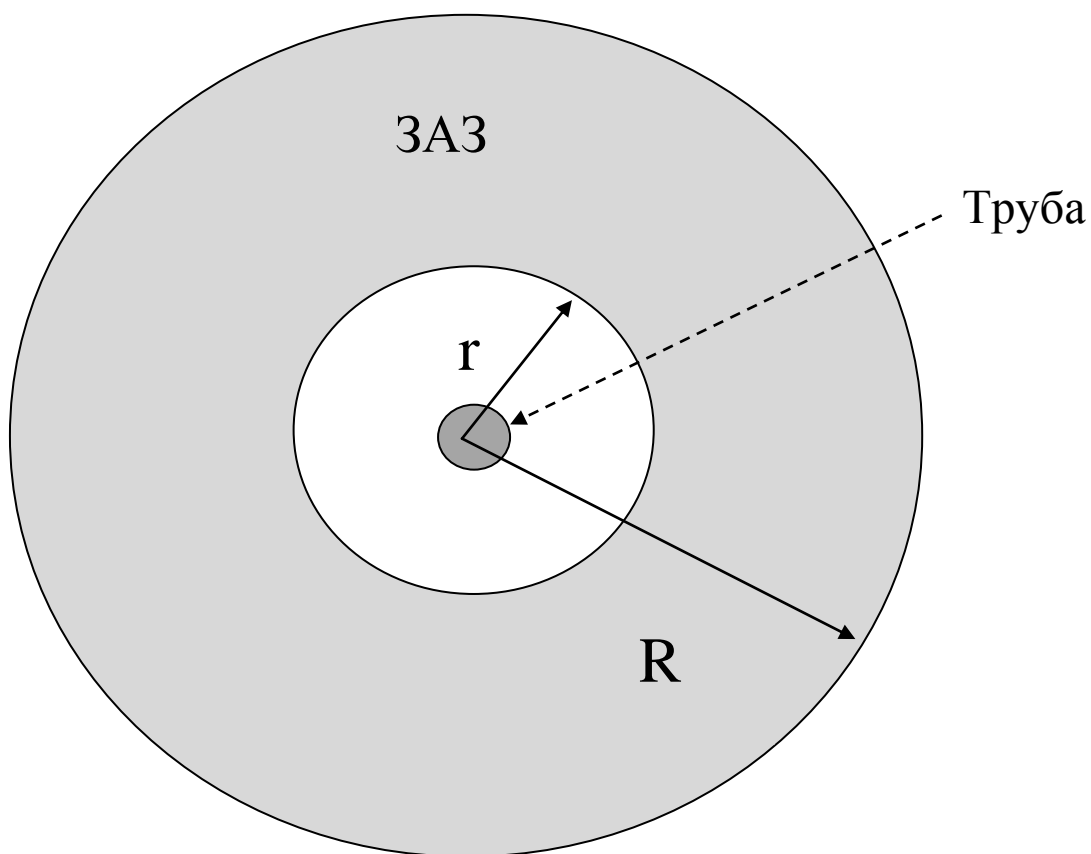


Рис. 1.2. Вид сверху на схему выброса загрязнения в ЗАЗ

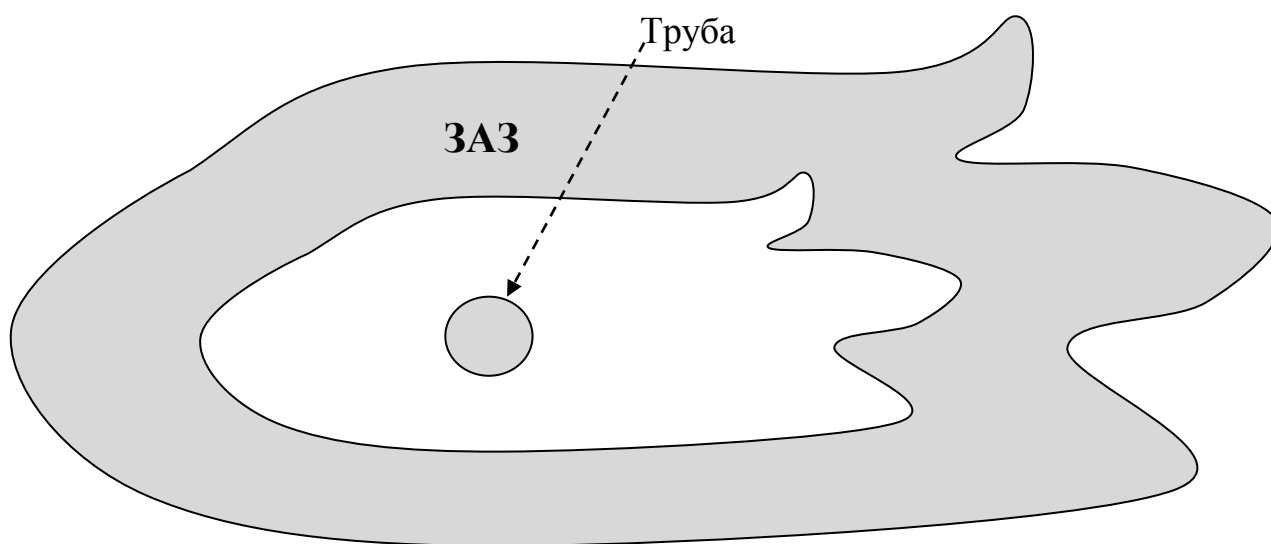


Рис. 1.3. Вид сверху на схему возможного загрязнения в ЗАЗ с учетом розы ветров.

В ЗАЗ могут входить различные виды территорий: населенный пункт, пригородная зона, промышленная зона, курорт, заповедник, пашня, лес, пастбища и т.д. Состав и структуру ЗАЗ можно отображать на круговой диаграмме, изображенной на рис.1.4.

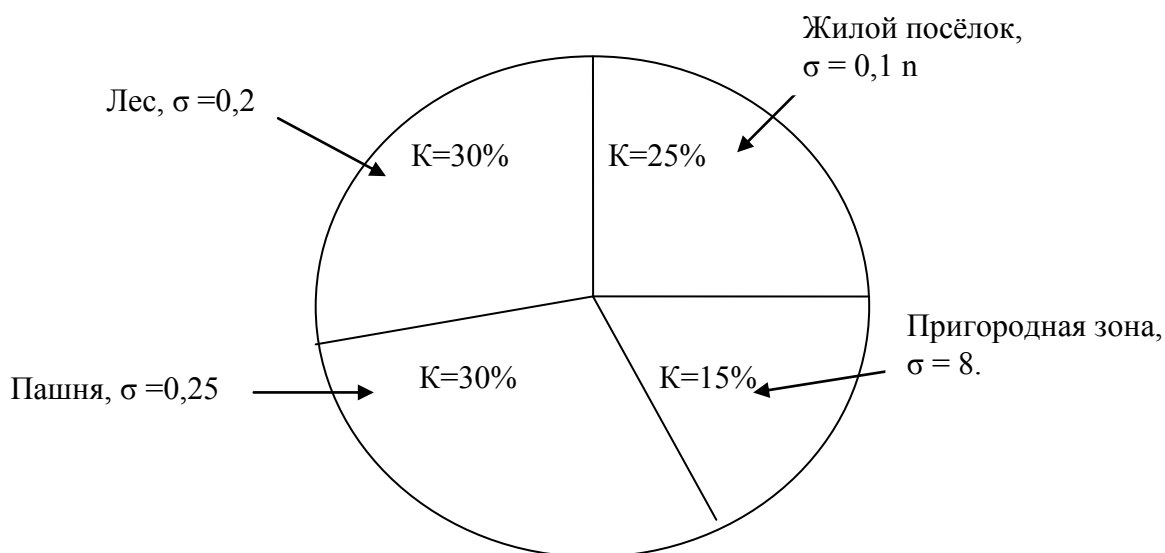


Рис. 1.4 Состав и структура ЗАЗ (пример)

Показатель относительной опасности  $\sigma$  принимает значения в диапазоне от 10 до 0.05 и определяются множеством факторов. Некоторые значения  $\sigma$  для определенных видов территорий приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

**Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха  $\sigma$  над территориями различных типов.**

Тип загрязняемой территории	Значение
Курорты, санатории, заповедники, заказники	10
Пригородные зоны отдыха, садовые и дачные кооперативы и товарищества	8
Населенные места с плотностью населения $n$ (чел./га) *	$\sigma = 0,1 \text{ (га/чел.)} \cdot n \text{ (чел./га)}$
Территории промышленных предприятий (включая защитные зоны) и промышленных узлов	4

продолжение таблицы 1.1

Леса	
1 -я группа	0,2
2-я группа	0,1
3-я группа	0,025
Пашни южные зоны (южнее 50 с.ш.), Центральный район Черноземья, Южная Сибирь	0,25
прочие районы	0,15
Сады, виноградники **	0,1
Пастбища, сенокосы **	0,5
	0,05

\*Для центральной части городов с населением свыше 300 тыс. чел., независимо от административной плотности населения, принимается равным 8.

\*\*Для орошаемых пахотных земель, садов, виноградников, сенокосов указанные числа следует умножить на 2.

Если зона активного загрязнения (ЗАЗ) неоднородна и состоит из территорий различных типов, то значение показателя относительной опасности для всей ЗАЗ определяется по формуле:

$$\sigma = \sigma_{ЗАЗ} = \sum_{j=1}^m \sigma_j \frac{S_j}{S_{ЗАЗ}} \quad (1.2)$$

где  $S_j$  - площадь  $j$  территории,

$\sigma_j$  – показатель относительной опасности загрязнения  $j$  территории,

$j$  – индекс суммирования, определяемый количеством видов территорий, входящих в ЗАЗ.

$S_{ЗАЗ}$  - общая площадь ЗАЗ ( рис.1.2) рассчитываемая по формуле:

$$S_{ЗАЗ} = \pi (R^2 - r^2) \quad (1.3)$$

$m$  - общее число типов территорий, попавших в ЗАЗ .

$\sigma$  – средний показатель относительной опасности для ЗАЗ.

Зона активного загрязнения для каждого источника, ущерб, от выбросов которого подлежит оценке, определяется для организованных источников и представляет собой кольцо, заключенное между окружностями с радиусами. Предлагаемые формулы являются эмпирическими, причем необходимо определение значения поправки на подъем факела  $\varphi$  (формула для ее расчета приведена ниже).

$$r=2 \varphi \cdot h \quad \text{и} \quad R=20 \varphi \cdot h \quad (1.4)$$

где  $h$  - высота трубы - источника выброса загрязнений в метрах.

При оценке ущерба от выброса примесей объемными источниками (терриконами и т.п.) в качестве  $h$  следует брать высоту центра тяжести источника (или центра области образования выбросов) относительно среднего уровня ЗАЗ).

$$S_j = S_{\text{ЗАЗ}} \cdot K \quad (1.5)$$

где  $K$  - коэффициент, определяющий долю площади загрязнения, занятую определенным типом территории (например, лесистость, промышленная зона и др.);

Безразмерная поправка на подъем факела выбросов в атмосфере  $\varphi$ , вычисляется по формуле:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ \text{C}} \quad (1.6)$$

где  $\Delta T$  - среднегодовое значение разности температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере, °C. При этом  $\Delta T$  определяется по формуле  $\Delta T = (t_1 - t_2)$ , где  $t_1$  и  $t_2$  соответственно температура газов на выходе из трубы и температура окружающей среды (для г. Казани среднегодовая температура окружающей среды равна 7 °C).

Для автомагистралей всех типов принимается, что ЗАЗ представляет собой полосу шириной 200 м, центральная ось которой совпадает с цен-

тральной осью автомагистрали.

Для низких неорганизованных источников (складов, вентиляторов, окон промышленных зданий, карьеров, свалок и т.д.) принимается, что ЗАЗ представляет собой территорию внутри замкнутой кривой, проведенной вокруг источника так, что расстояние от любой точки этой кривой до ближайшей точки границы неорганизованного источника (до его контура) равно 1 км. Для высоких неорганизованных источников (терриконов и пр.) высоты  $h$  м, ЗАЗ определяется окружностью, радиус которой равен  $20 h$ , м.

Значение множителя  $f$  (поправки, учитывающей характер рассеяния примеси в атмосфере) определяется следующим образом:

а) для газообразных примесей и легких мелкодисперсных частиц с очень малой скоростью оседания - менее 1 см/с (скорость осаждения до 1 см/с имеют частицы размером менее 0,1 мкм; к таким частицам относятся *аэрозоли, дым, газообразное загрязнение*) - принимается, что

$$f = f_1 = \frac{100m}{100m + \varphi \cdot h} \cdot \frac{4 \text{ м/с}}{1 \text{ м/с} + U} \quad (1.7)$$

где  $h$  - высота устья источника по отношению к среднему уровню ЗАЗ, м;

$\varphi$  - поправка на подъём факела выброса, вычисляемая по формуле (1.6);

$U$  - среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с; в тех случаях, когда значение неизвестно оно принимается равным  $3 \text{ м/с}$ ;

б) для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 см/с (скорость осаждения от 1 до 20 см/с имеют частицы размером от 0,1 до 100 мкм; к ним относятся **частицы органических веществ, кислот и др.**), принимается, что скорость оседания функционально связана с размерами частиц и плотности материала загрязнителя

$$f = f_2 = \sqrt{\frac{1000}{60 + \varphi h}} \cdot \frac{4 \text{ м/с}}{1 \text{ м/с} + U} \quad (1.8)$$



в) для частиц, оседающих со скоростью свыше 20 см/с ( $> 20$  см/с имеют частицы размером более 100 мкр; это **пыль неорганическая, твердые загрязнения**), принимается, что независимо от значений  $h$ ,  $\varphi$ ,  $T$  и  $U$

$$f = f_3 = 10 \quad (1.9)$$

Если распределение годовой массы выброса частиц (пыли, золы, жидких аэрозолей и прочего) по фракциям в зависимости от скорости оседания частиц неизвестно, то вплоть до разработки соответствующих отраслевых банков данных можно принимать определенные выше значения (соответственно формул (1.7)-(1.8). При выбросе частиц одновременно парами воды или других веществ, образующихся быстрой конденсацией, применяется формула (1.9). Эта же формула используется при оценке ущерба от выброса аэрозолей автотранспортными средствами; в случае сжигания жидких и газообразных топлив, не сопровождающегося быстрой конденсацией частиц, отсутствует одновременный выброс паров, используется формула (1.7).

Если значения параметра  $f$  для различных типов примесей (газов и аэрозолей), выбрасываемых одним источником, оказались различными, то общая оценка ущерба равна сумме оценок, относящихся к каждому типу примесей.

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (1.10)$$

Значение приведенной массы годового выброса загрязнений в атмосферу из источника ( $M$ ) определяется по формуле:

$$M = \sum_{j=1}^n A_j m_j \quad (1.11)$$

где  $m_j$  - масса годового выброса примеси  $j$ -го вида в атмосферу, т/год;

$A_j$  - показатель относительной агрессивности примеси  $j$ -го вида, усл.т/т;

$n$  - общее число примесей, выбрасываемых атмосферу ( $j=1,2,\dots, n$ ).

В табл. 1.2. приводятся значения  $A_j$  для основных вредных веществ.

Таблица 1.2

**Показатель относительной агрессивности  $A_j$**

№ пп.	Загрязнитель	$A_j$ усл.т./т
1	Пыль неорганическая	2
2	Бензин	0,2
3	Щелочная аэрозоль	100
4	Сероводород	54,8
5	Сернистый ангидрид	22
6	Бутадиен	0,33
7	Аммиак	10,4
8	Изоцианиты	20
9	Серная кислота	49
10	Формальдегид	28,1

**ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗ-  
НЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

**Условие задачи:**

Определить экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ теплоэлектростанции (ТЭС) необходимо по следующим данным:

1) ТЭС расположена в зоне со средним годовым количеством осадков менее 400 мм/год южнее 50 с.ш.;

2) среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, равное 4 м/с.

3) выброс через единственную трубу ТЭС высотой  $h = 250$  м составил 40 тыс. т/год угольной золы и пыли; 3,2 тыс. т/год сернистого ангидрида;

4) среднегодовое значение разницы температур  $\Delta T$  на выходе из трубы и температуры воздуха ( $\Delta T = 150^\circ \text{C}$ );

5) состав зоны активного загрязнения: населенный пункт с плотностью населения 20 чел/га занимает 15% территории, орошаемая пашня южнее 50 с.ш. занимает 30%, обычная пашня занимает 40% и оставшая часть – это орошаемые сады, виноградники.

**Решение:**

- 1) Рассчитываем  $\varphi$  поправку на подъем факела:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ C} = 1 + \frac{150^\circ C}{75^\circ C} = 3$$

- 2) Рассчитаем радиусы внешней и внутренней зоны активного загрязнения(ЗАЗ)

$$r = 2 \cdot \varphi \cdot h = 2 \cdot 3 \cdot 250m = 1500m$$

$$R = 20 \cdot \varphi \cdot h = 20 \cdot 3 \cdot 250m = 15000m$$

- 3) Рассчитаем площадь ЗАЗ.

$$S_{ЗАЗ} = \pi \cdot (R^2 - r^2) = 3,14 \cdot (15000^2 - 1500^2) кв.м = 72,2 тыс.га$$

Около 0,15 части (15%) ЗАЗ занимают посёлки с преимущественно одноэтажной застройкой, средняя административная плотность населения этой части ЗАЗ составляет  $n=20$  чел/га, поэтому в соответствии с табл. 1.1. получим для этой части ЗАЗ следующие значения  $\sigma$ :

$$\sigma_1 = 0,1 \frac{га}{чел} \cdot n \frac{чел}{га} = 0,1 \frac{га}{чел} \cdot 20 \frac{чел}{га} = 2$$

Вторая часть ЗАЗ, составляющая 0,3 (30%) от S южнее 50 с.ш., занята орошаемыми пашнями. Для неё с учётом поправки на орошение получим:

$$\sigma_2 = 2 \cdot 0,25 = 0,5.$$

Третья часть ЗАЗ, составляющая 0,4 (40% от S), - пашня, для них  $\sigma_3 = 0,25$ .

Четвертая часть ЗАЗ (0,15 от S) - орошаемые сады и виноградники,

$$\sigma_4 = 0,5 \cdot 2 = 1.$$

По формуле (1.2) получим среднее значение показателя относительной опасности для ЗАЗ:

$$\sigma = \sigma_{\text{ЗАЗ}} = \sum_{j=1}^m \sigma_j \frac{S_j}{S_{\text{ЗАЗ}}} = 2 \cdot 0,15 + 0,5 \cdot 0,3 + 0,25 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,15 = 0,7$$

При эксплуатации коэффициент улавливания  $f = 86,7\%$ , поэтому для пыли в первом варианте следует взять  $f = f_2$

$$\begin{aligned} f_2 &= (1000 \text{ м} / (60 \text{ м} + \varphi \cdot h)) \cdot 4 \text{ (м/с)} / (1 \text{ м/с} + U) = \\ &= (1000 \text{ м} / (60 \text{ м} + 3 \cdot 250 \text{ м})) \cdot (4 \text{ м/с} / (1 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с})) = 1,11 \cdot 0,8 = \\ &0,89. \end{aligned}$$

Коэффициент улавливания достигает 98,0% для газов, тогда:  $f_g = 100 \text{ м} / (100 \text{ м} + \varphi \cdot h) \cdot 4 \text{ м/с} / (1 \text{ м/с} + U) = (100 \text{ м} + 3 \cdot 250 \text{ м}) \cdot (4 \text{ м/с} / (1 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с})) = 0,12 \cdot 0,8 = 0,096$ .

Детальных данных о химическом составе золы и угольной пыли (у.п) нет, поэтому для золы принимается значение  $A_{\text{золы}} = 84$ ;  $A_{\text{уп}} = 48$ . Расчёт приведенных масс выбросов приводится в табл. 1.3.

Таблица 1.3

### Расчет приведенной массы годового выброса загрязнений

№ пп.	Выбрасываемая примесь	Показатель относительной агрессивности, $A_j$ , усл. т/т	Масса $m_j$ тыс.т	Приведенная масса, $M$ , усл. тыс.т
1	2	3	4	5
	<b>Аэрозоли</b>			
1	Зола донецкого угля	84	38,0	3192,0
2	Пыль угля (недожог)	48	2,0	96,0
	Итого по аэрозолям		40,0	$M_a = 3288,0$
	<b>Газообразные вещества</b>			
1	Сернистый ангидрид	22	120,0	2640,0
2	Серный ангидрид	49	10,0	490,0
3	Окислы азота по NO	41,1	30,0	1233,0
4	Оксид углерода	1,0	4,0	4,0
5	Легкие углеводы	1,26	2,0	2,52
	Итого по газообразным веществам		166,0	$M_g = 4369,52$

Из табл. 1.3 видно, что приведенные массы годовых выбросов для частиц пыли и газов равны  $M_a = 3288$  тыс. т/год  $M_z = 4369,520$  тыс. т/год. Поскольку  $\gamma = 72$  руб./усл.т (примем) а  $\sigma = 0,56$ , получим общую сумму ущерба:

$$\begin{aligned} Y &= 72 \text{ (руб./усл.т)} \cdot 0,56 \cdot (0,89 \cdot 3288,0 + 0,096 \cdot 4369,520) = \\ &= 72 \cdot 0,56 \cdot (2926,32 + 419,470) = 40,32 \cdot 3345,72 \text{ тыс. руб.} = 134,9 \\ &\text{млн.руб.} \end{aligned}$$

### **1.5. Рекомендации по укрупненной оценке от загрязнения водоемов**

1. Экономическая оценка ущерба  $Y$ , руб./год от сброса загрязняющих примесей в  $k$ -й водохозяйственный участок некоторым источником (предприятием, населенным пунктом) определяется по формуле

$$Y = \gamma \cdot \sigma_k \cdot M, \quad (1.11)$$

где  $Y$ - оценка ущерба, руб./год;

$\gamma$  - стоимостной множитель, определяющий ценовую величину сброса единицы загрязнителей, руб./усл.т зависит от многих условий экономики, научно- технического процесса, экологии и.т.д.

$\sigma_k$ - показатель относительной опасности загрязнения водоёма (для р. Кама - 0,5, р. Волга - 0,7, для мелких рек и озер - 2,6);

$M$  - приведенная масса годового сброса примесей данным источником в  $k$ -й водохозяйственный участок, усл. т/год.

Значение величины  $M$  определяется по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i \quad (1.12)$$

где  $i$  - номер сбрасываемой примеси;

$n$  - общее число примесей, сбрасываемых оцениваемым источником;

$A_i$  - показатель относительной опасности сброса  $i$ -го; вещества в водоемы, усл. т/т (см. табл. 1.4.);

$m_i$  - общая масса годового сброса  $i$ -й примеси оцениваемым источником, т/год.

Некоторые значения показателя относительной опасности загрязнений водоемов приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

**Значения константы  $A_i$  для некоторых распространенных веществ, которые загрязняют водоёмы.**

<b>№ пп.</b>	<b>Вещество</b>	<b>ПДК р/х г/м</b>	<b>ПДК г/м</b>	<b><math>A_i</math>, усл. т/т.</b>
1	БПК	3,0	—	0,33
2	Взвешенные вещества	20	—	0,05
3	Сульфаты	—	500	0,002
4	Хлориды	—	350	0,003
5	Азот общий	—	—	0,1
6	СПАВ	0,5	—	2
7	Нефть и нефтепродукты	0,05	—	20
8	Медь	0,01	—	100
9	Цинк	0,01	—	100
10	Аммиак	0,05	—	20
11	Мышьяк	0,05	—	20
12	Цианиды	0,05	—	20
13	Стирол	0,1	—	10
14	Формальдегиды	0,1	—	10

**ПРИМЕР РАСЧЁТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ СБРОСА  
ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЁМ**

**Условие задачи:**

Годовой объём сточных вод составляет 50,0 млн. куб.м/год. Состав их приводится в гр. 3 и 5 табл. 1.5.

Таблица 1.5

**Расчёт приведенной массы годового сброса загрязняющих примесей**

№ Веще- ства	Название вещества	Концентрация в сточных водах и мысы годового сброса веществ(со сточными водами всех типов)				Общие массы годового сброса в водоём, т	Зна- чения Ai, усл.т./ т.	Привенная Масса Годового сброса данного загрязня- ющего Mi=Ai·mi усл.т
		Тип 1; V1=40 млн.м³ год		тип 2; V2=10 млн.м³ год.				
		концен- трация в сточ- ных водах, г/м	масса годового сброса в водоём, т	концен- трация в сточ- ных водах, г/м	масса годового сброса в водоём, т			
1	Взвешенные вещества	300	12000	200	2000	14000	0,05	700
2	БПК	200	8000	800	8000	16000	0,33	5333
3	СПАВ	6	240	4	40	280	2	560
4	Азот общий	35	1400	-	-	1400	0,1	140
5	Сульфаты	50	2000	146	1460	3460	0,002	7
6	Хлориды	40	1600	-	-	1600	0,003	5
	Итого		25240		11500	36740		6745

**Решение задачи.** Определяем годовую оценку ущерба на рассматриваемом водохозяйственном участке по формуле (1.11), предварительно подсчитав значение приведённой массы годового сброса примесей по формуле (1.12).

Определяем экономический ущерб от загрязнения водоёмов вредными веществами

$$Y = \gamma \cdot \sigma_k \cdot M_k = 72 \text{ руб.} \cdot 0,7 \cdot 6745 = 339,9 \text{ тыс. руб.}$$

### **1.6. Контрольные вопросы по разделу**

1. Понятие экономического ущерба.
2. Основные источники формирования ущерба.
3. Дать характеристику понятия ущерба (текущего, прогнозного, потенциального, возможного и предотвращенного).

4. Какие способы оценки ущерба имеются (прямой счет, аналитический и эмпирический метод) Дать их характеристику.

5. Факторы формирования ущерба от загрязнения окружающей среды (факторы влияния, восприятия и состояния). Дать характеристику.

6. Дать характеристику реципиентов. Средняя структура пореципиентного ущерба от загрязнения окружающей среды по данным украинских авторов и внутри каждого из них по показателям состояния реципиентов.

7. Удельный ущерб. Понятие и факторы, от которых он зависит.

8. Сфера использования показателей экономического ущерба от загрязнения окружающей среды (при размещении производительных сил, при оптимизации проектных решений, для выбора стратегий в области охраны окружающей среды, стратегии развития технологий, конструкционных материалов, при экономическом стимулировании в области охраны окружающей среды, при оценке эффективности ресурсосберегающих технологий). Дать характеристику каждого из этих направлений использования.

9. Экономический ущерб как сумма затрат на предупреждение воздействия и вызываемого воздействием загрязненной среды на реципиентов. Дать примеры их при оценке ущерба, наносимого отдельными видами загрязнений (атмосферы, выбросами вредных веществ, водоемов, сбросами вредных веществ, отходами производства, при акустическом загрязнении).

10. Привести основные показатели состояния реципиентов. Дать их характеристику для населения, жилищно-коммунального хозяйства, для сельскохозяйственных, лесных и рыбохозяйственных ресурсов, для основных фондов промышленности, для рекреационных ресурсов.

### ***1.7. Задачи***

**Задача 1.** Определить ущерб от загрязнения окружающей среды от выбросов. Тепловая электростанция (ТЭЦ), работающая на каменном угле



имеет следующие характеристики: ТЭЦ расположена в районе Сибири вблизи населенного пункта с площадью 140 га и плотностью населения  $n = 30$  чел/га. Зона активного загрязнения (ЗАЗ) имеет 20% лесостепь, 30% пашни, остальное - пастбища. Высота трубы ТЭЦ  $h = 200$  м; среднегодовая скорость ветра  $U = 5$  м/с; разница температур в устье источника и окружающей атмосфере  $T = 225$  С. Показатели загрязнителей представлены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

## Показатели загрязнителей

№ пп	Вид загрязнителя	$m_i$ , тыс тонн/год	$A_i$	Размер частиц мкм.
1	Зола	2300	0,2	120
2	Сернистый ангидрид	1700	22	5-10
3	Окислы азота	870	12,3	до 1

**Задача 2.** Определить ущерб от загрязнения окружающей среды от выбросов металлургического комбината (МК). МК расположен на Урале, территория загрязнения (ЗАЗ) включает рабочий поселок площадью 120 га и плотностью населения  $n = 35$  чел/га. ЗАЗ имеет лесостепь 15%, остальная площадь пастбища. Высота источника загрязнения 50 м, среднегодовая скорость ветра  $U = 8$  м/с, разница температур в устье источника и окружающей среды  $T = 350$  С. Показатели загрязнителей представлены табл. 1.7.

Таблица 1.7

## Показатели загрязнителей

№ пп	Вид загрязнителя	$m_i$ , тыс тонн/год	$A_i$	Размер частиц мкм.
1	Зола	1800	0,2	110
2	Тяжёлые металлы	700	27	20-30
3	Сернистый ангидрид	500	22	до 1

**Задача 3.** Определить экономический ущерб от сброса вредных веществ Казанским заводом СК в оз. Кабан ( $\sigma_k - 2,6$ ). Завод сбросил 10 т нефтепродуктов, 100 т сухих и взвешенных веществ, 400 т сульфатов, 1 т

формальдегида. Коэффициенты относительной агрессивности приведены в табл. 1.4.

**Задача 4.** Определить зону активного загрязнения выбросами сероводорода производства полисульфидных каучуков по следующим данным: высота трубы - 20 м, температура на выходе из трубы -  $20^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая температура в г.Казани -  $7^{\circ}\text{C}$ .

**Задача 5.** Определить экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами пыли неорганической по следующим данным: высота источника выбросов - 10 м, температура на выходе из трубы -  $30^{\circ}\text{C}$ , среднегодовая температура в г. Казани -  $7^{\circ}\text{C}$ , модуль скорости ветра неизвестен, масса выбросов - 2-х тыс. т, коэффициент относительной агрессивности см. в табл. 2.2, промышленная зона, скорость оседания частиц до 1 см/с.

**Задача 6.** Определить экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами серы по следующим данным: объем выбросов - 1,0 тыс. т, показатель относительной агрессивности - 14,3, высота источника выбросов - 10 м, разница температур на выходе из трубы -  $10^{\circ}\text{C}$ , модуль скорости ветра неизвестен, скорость оседания частиц до 1 см/сек, промышленная зона.

**Задача 7.** Определить экономический ущерб от загрязнения атмосферы выбросами сероводорода по следующим данным: объем выбросов  $m = 5$  тыс. т, показатель относительной агрессивности -  $A = 54,8$  высота источника выбросов - 10 м, разница температур на выходе из трубы -  $10^{\circ}\text{C}$ , модуль скорости ветра 2 м/с, центральная часть города - коэффициент 8, скорость оседания частиц от 1 до 20 см/с, промышленная зона.

**Задача 8.** Определить экономический ущерб от сброса вредных веществ в р.Волга ( $k = 0,7$ ) Казанским заводом СК по следующим данным: объем сброса нефтепродуктов - 8,0 т, взвешенные вещества и сухой оста-

ток - 10000 т, сульфаты - 6000 т, СПАВ - 1 т. Показатели относительной агрессивности (см. табл. 1.4).

**Задача 9.** Определить средний показатель относительной опасности загрязнения над территорией, прилегающей к заводу СК. В зоне находится жилой поселок с плотностью населения 30 чел./га (50%) и промышленная зона (50%). Показатель относительной опасности загрязнения в жилой и промышленной зоне (см. табл. 1.1).

**Задача 10.** Определить средний показатель относительной опасности загрязнения под территорией, прилегающей к химическому предприятию. В зоне находится жилой поселок с плотностью населения - 100 чел./га (60% территории), остальные 40% - промышленная зона. Показатель относительной опасности загрязнения в жилой зоне (см. табл. 1.1).

### ***1.8. Контрольная работа***

Решить задачу по вариантам в соответствии со списком группы. Определить экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ для частиц, оседающих со скоростью до 1 см/с, от 1 до 20 см/с и при модуле скорости ветра на уровне флюгера - 4 м/с, и когда он неизвестен. Исходные данные для расчёта приводятся в табл. 1.8.

Таблица 1.8.

Вариант	Наименование примесей вредных веществ	Объем выбросов, т <sub>г</sub>	Показатель относительной Агрессивности, А <sub>г</sub>	Высота источника выбросов, h <sub>г</sub> , м	Разность температур, ΔТ	Объект загрязнения	Размеры частиц загрязнения, мкм	Данные для оценки относительной опасности				
								Промышленная зона, % ЗАЗ	Плотность населения, п чел/га	Жилой сектор, % ЗАЗ	Центр города, % ЗАЗ	Пригородная зона, % ЗАЗ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Пыль неорганическая	80	2	16	13	р.Волга	<1.0	40	15	10	20	30
2	Пыль неорганическая	80	2	8	13	Атмосфера	20	20	10	30	25	25
3	Пыль неорганическая	170	2	32	13	Атмосфера	100	16	40	44	20	20
4	Пыль неорганическая	80	2	10	13	Атмосфера	150	25	35	25	50	0
5	Бензин	144	0.2	13	13	Атмосфера	<1	17	17	33	10	40
6	Бензин	80	0.2	9	30	р.Кама	30	18	19	42	40	0
7	Бензин	144	0.2	9	30	Атмосфера	30	18	19	42	40	0

Продолжение таблицы 1.8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	Бензин	144	0.2	9	30	Атмосфера		12	25	30	40	18
9	Сера	1300	14.3	8	3	Атмосфера	30	5	10	21	74	0
10	Сера	1250	14.3	18	3	р. Ик	120	6	11	22	40	32
11	Сера	1250	14.3	18	3	Атмосфера	120	6	11	22	40	32
12	Сера	150	14.3	8	75	Атмосфера	0.1	10	30	30	30	30
13	Щелочная аэрозоль	13	100	8	3	Атмосфера	<1	7	12	23	50	20
14	Щелочная аэрозоль	160	100	6	7	Атмосфера	35	38	13	24	18	20
15	Щелочная аэрозоль	14	100	8	10	Атмосфера	110	9	14	25	10	56
16	Щелочная аэрозоль	80	100	9	30	р.Кама	30	18	19	42	40	0
17	Сероводород	30	54.8	8	10	Атмосфера	<1	10	15	26	44	20
18	Сероводород	14	54.8	9	30	Атмосфера	15	11	16	27	0	62
19	Сероводород	3290	54.8	15	17	оз. Кабан	17	12	17	30	0	58
20	Сероводород	5190	54.8	6	60	Атмосфера	120	13	18	31	56	0
21	Сернистый ангидрид	5000	22	6	6	Атмосфера	100	21	21	34	0	45
22	Сернист. ангидрид	150	22	75	75	р.Казанка	0.1	10	30	30	30	30
23	Сернист. ангидрид	300	22	30	30	Атмосфера	30	7	12	23	50	20

Продолжение таблицы 1.8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24	Сернист. ангидрид	4000	22	10	18	Атмосфера	120	28	45	24	18	30
25	Бутадиен	38900	0.33	35	0	Атмосфера		27	26	42	11	20
26	Бутадиен	800	0.33	19	45	Атмосфера	30	18	19	42	40	0
27	Бутадиен	30	0.33	80	10	р. Волга	<1	10	15	26	44	20
28	Бутадиен	20000	0.33	9	30	Атмосфера	15	31	35	27	0	42
29	Формальдегида оксид	560	6.7	17	1	Атмосфера		40	40	56	0	4
30	Формальд. оксид	1500	6.7	23	60	Атмосфера	1	13	18	31	56	0
31	Формальд. оксид	3000	6.7	6	6	Атмосфера	100	21	21	34	0	45
32	Формальд. оксид	150	6.7	75	75	р. Казанка	0.1	10	30	30	30	30
33	Аммиак	500	10.4	35	13	Атмосфера		32	31	50	18	0
34	Аммиак	4000	10.4	25	18	Атмосфера	10	18	30	20	20	42
35	Аммиак	40000	10.4	16	56	Атмосфера	110	27	26	42	11	20
36	Аммиак	670	10.4	19	45	Голубое оз.	30	18	19	42	40	0
37	Серная кислота	86	49	8	17	Атмосфера		34	33	52	10	4
38	Серная кислота	100	49	40	30	Атмосфера	15	24	43	27	7	42
39	Серная кислота	200	49	50	10	Малое озеро	110	40	40	56	0	4

Продолжение таблицы 1.8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	Серная кислота	800	49	23	60	Атмосфера	1	13	28	31	50	6
41	Изоцианаты	27	20	25	13	Атмосфера		33	32	51	0	16
42	Изоцианаты	720	20	75	75	Атмосфера	0.1	10	30	30	30	30
43	Изоцианаты	1100	20	75	75	Малая река	0.1	10	30	30	30	30
44	Изоцианаты	13000	20	13	8	Атмосфера	90	43	20	12	25	30
45	Винилиденхлорид	13000	0.33	35	0	Атмосфера		30	29	45	0	25
46	Винилиденхлорид	40000	0.33	16	56	Атмосфера	110	27	26	42	11	20
47	Винилиденхлорид	56000	0.33	19	45	Голубое оз.	30	18	19	42	40	0
48	Винилиденхлорид	87000	0.33	8	17	Атмосфера	1	54	40	12	10	24
49	Эпихлоргидрин	10940	5	8	10	Атмосфера		37	36	55	8	0
50	Эпихлоргидрин	1700	5	48	37	Малое озеро	110	40	40	56	0	4
51	Эпихлоргидрин	180	5	100	85	Атмосфера	1	43	28	31	20	6
52	Эпихлоргидрин	20000	5	30	13	Атмосфера	32	33	32	41	10	16
53	Нефтепродукты	1720	20	25	75	р.Волга	0.1	10	30	30	30	30
54	Формальдегид	1100	28.1	75	75	Малая река	0.1	10	30	30	30	30
55	Формальдегид	13000	28.1	13	8	Атмосфера	90	43	20	12	25	30

## 2. Оценка обстановки при чрезвычайных ситуациях

В комплексе мероприятий защиты населения и объектов экономики от последствий чрезвычайных ситуаций важное место занимают ***выявление и оценка радиационной, химической, инженерной и пожарной обстановки.***

Оценка обстановки является обязательным элементом работы командно-начальствующего состава формирований ГО, МЧС и проводится с целью своевременного принятия необходимых мер защиты.

Под **радиационной обстановкой** понимают совокупность последствий радиоактивного загрязнения (заражения) местности, оказывающих влияние на деятельность объектов экономики, сил ГО, МЧС и населения. Радиационная обстановка характеризуется масштабами (размерами зон) и характером радиоактивного загрязнения (заражения), т.е. уровнем радиации. Размеры зон радиоактивного загрязнения и уровни радиации являются основными показателями степени опасности радиоактивного заражения для людей.

***Оценка радиационной обстановки включает:***

- Определение масштабов и характера радиоактивного загрязнения;
- Анализ их влияния на деятельность объектов экономики, сил ГО, МЧС и населения;
- Выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается радиационное поражение людей;

Под **химической обстановкой** понимают совокупность последствий химического заражения местности СДЯВ (ОВ), оказывающих влияние на деятельность объектов экономики, сил ГО, МЧС и населения. Химическая обстановка создается в результате разлива (выброса) СДЯВ или применения химического оружия с образованием зон химического заражения и очагов химического поражения.



***Оценка химической обстановки включает:***

- Определение масштабов и характера химического заражения;
- Анализ их влияния на деятельность объектов экономики, сил ГО, МЧС и населения;
- Выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается поражение людей.

Под **инженерной обстановкой** понимается совокупность последствий воздействия стихийных бедствий, аварий (катастроф), а также первичных и вторичных поражающих факторов ядерного оружия, других современных средств поражения, в результате которых имеют место разрушения зданий, сооружений, оборудования и т.п., оказывающих влияние на устойчивость работы объектов экономики и жизнедеятельность населения.

***Оценка инженерной обстановки включает:***

- Определение масштабов и степени разрушений элементов и объектов в целом;
- Анализ влияния на устойчивость работы отдельных элементов и объектов в целом, а также на жизнедеятельность населения;
- Выводы об устойчивости отдельных элементов и объектов в целом к воздействию поражающих факторов и рекомендации по ее повышению, предложения по восстановлению производств.

Под **пожарной обстановкой** понимается совокупность последствий стихийных бедствий, аварий (катастроф), первичных и вторичных поражающих факторов ядерного оружия, других современных средств поражения, в результате которых возникают пожары, оказывающие влияние на устойчивость работы объектов экономики и жизнедеятельность населения.

***Оценка пожарной обстановки включает:***

- Определение масштаба и характера пожара;
- Анализ их влияния на устойчивость работы отдельных элементов и

объекта в целом, а также на жизнедеятельность населения;

– Выводы по устойчивости отдельных элементов и объекта в целом к возгоранию и рекомендации по ее повышению, предложения по выбору наиболее целесообразных действий по локализации и тушению пожара, эвакуации населения и материальных ценностей из зоны пожара.

**Оценка радиационной, химической, инженерной и пожарной обстановки производится методом прогнозирования и по данным разведки.**

### ***2.1. Дозиметрический и химический контроль***

Дозиметрический и химический контроль организуется на всех объектах экономики как составная часть мер по защите рабочих, служащих и населения в целом. Контроль может быть выборочным ( 10-20% ) или сплошным ( 100% ). Тот и другой могут быть групповым или индивидуальным. Дозиметрический и химический контроль проводятся в мирное и военное время с помощью специальных приборов.

Дозиметрические приборы предназначены для определения уровней радиации на местности, степени заражения одежды, кожных покровов человека, продуктов питания, воды, фуража, транспорта и других различных предметов и объектов, а также для измерения доз радиоактивного облучения людей при их нахождении на объектах и участках, зараженных радиоактивными веществами. В соответствии с назначением дозиметрические приборы могут использоваться: для радиационной разведки местности, для контроля степени заражения и для контроля облучения. ***Для обнаружения и измерения радиоактивных излучений используют следующие методы:***

– **Фотографический метод**, основанный на измерении степени почернения фотоэмульсии под воздействием радиоактивных излучений;

– **Химический метод**, основанный на определении изменений цвета

некоторых химических веществ под воздействием радиоактивных излучений;

– **Сцинтилляционный метод**, основанный на том, что под воздействием радиоактивных излучений некоторые вещества испускают фотоны видимого света, которые могут быть зарегистрированы;

– **Ионизационный метод**, заключающийся в том, что под воздействием радиоактивных излучений в изолированном объеме происходит ионизация газов и при наличии электрического потенциала между электродами будет проходить электрический ток, который можно регистрировать.

Приборы *химической разведки* предназначены для обнаружения отравляющих веществ (ОВ), сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) в воздухе, на местности, технике и других предметах объектов экономики. Принцип обнаружения и определения ОВ и СДЯВ приборами химической разведки основан на изменении окраски индикаторов при взаимодействии с этими веществами.

## **2.2. Единицы измерения радиационных величин**

В практике расчетов радиационной обстановки необходимо пользоваться, как правило, международной системой единиц СИ. Однако могут также применяться и внесистемные единицы измерения радиационных величин. Для оценки ионизирующего излучения используются следующие характеристики радиационной обстановки:

**1. Экспозиционная доза рентгеновского и гамма облучения.** Это количественная характеристика, основанная на их ионизирующем действии в сухом атмосферном воздухе и выраженная отношением суммарного электрического заряда ионов одного знака, образованного излучением, поглощенным в некоторой массе воздуха, к этой массе. При равномерном поглощении воздухом рентгеновского и гамма излучений экспозиционная доза ***D*** равна:

$$D = Q / m, \text{ Кл / кг},$$

Где  $Q$  – суммарный электрический заряд ионов одного знака в кулонах,  $m$  – масса воздуха в килограммах. Находит применение **внесистемная единица экспозиционной дозы – Рентген (Р)**.  $P$  – это доза рентгеновского и гамма излучений, при которых в 1 кубическом метре сухого воздуха при 0°C и 760 мм.рт.столба образуется 2.58 млрд.пар ионов. Применяются также дольные единицы: миллирентген (мр), микроцентген (мкр):

$$1 P = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} = 0.258 \text{ мКл/кг};$$

$$1 \text{ кР} = 0.258 \text{ Кл/кг};$$

$$1 \text{ Кл/кг} = 3876 P = 3.88 \text{ кР}.$$

**2. Мощность экспозиционной дозы рентгеновского и гамма излучений.** Это доза излучения в единицу времени. Для равномерного по времени рентгеновского и гамма излучений она может быть определена как:

$$P = D / t, \text{ А / кг},$$

Где  $D$  – доза рентгеновского и гамма излучений в Кл / кг,  $t$  – время в секундах. Отношение заряда к времени дает величину тока, измеряемую в амперах (А). Также применяются внесистемные единицы мощности экспозиционной дозы такие как: Рентген в секунду (Р/сек); миллирентген в сек (мР/сек); микроцентген в сек (мкР/сек); рентген в минуту (Р/мин); рентген в час (Р/час):

$$1 \text{ Р/с} = 60 \text{ Р/мин} = 3600 \text{ Р/час} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ А/кг} = 0.258 \text{ мА/кг},$$

$$1 \text{ Р/мин} = 4.3 \cdot 10^{-3} \text{ мА/кг},$$

$$1 \text{ А/кг} = 10^3 \text{ мА/кг} = 3876 \text{ Р/сек} = 232560 \text{ Р/мин}.$$

**3. Поглощенная доза излучения.** Это энергия любого ионизирующего излучения, поглощенная единицей массы облученного вещества. При равномерном поглощении облучаемым веществом ионизирующего излучения поглощенная доза ( $D_n$ ) равна:

$$D_n = W / m, \text{ Дж / кг, (Гр)}$$

где  $W$  – энергия ионизирующего излучения, поглощенная облученным веществом, в Дж;  $m$  – масса облученного вещества, в кг. Один Джоуль на килограмм называют 1 **Грей (Гр)**. На практике применяют также внесистемную единицу поглощенной дозы излучения – **Рад (рентгеновская ассимиляционная доза)**.  $1 \text{ Дж / кг} = 1 \text{ Гр} = 100 \text{ сГр} = 100 \text{ Рад}$ ,

$$1 \text{ Рад} = 0.01 \text{ Дж / кг} = 0.01 \text{ Гр} = 1 \text{ сГр},$$

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ сГр} = 1 \text{ Дж / кг} = 100 \text{ Рад},$$

Практически **Рад** и **Рентген** – одинаковы, т.е. эти единицы равны.

**4. Мощность поглощенной дозы.** Это поглощенная доза излучения в единицу времени. При равномерном поглощении излучения ( по времени ) мощность поглощенной дозы ( $M$ ) равна:

$$M = D_n / t, \text{ Вт / кг, (Гр/сек)}$$

Где  $D_n$  – поглощенная доза излучения, в Дж/кг,  $t$  - время, в сек. Внесистемной единицей является **Рад в секунду (Рад/сек)**.

$$1 \text{ Рад / сек} = 0.01 \text{ Дж / ( кг* сек )} = 0.01 \text{ Гр/сек} = 1 \text{ сГр / сек}.$$

**5. Активность радиоактивного препарата.** Это число актов распада данного нуклида, происходящих в единицу времени в радиоактивном излучателе. Единица измерения в системе СИ – **Беккерель (Бк)**, равный одному распаду в секунду (расп/сек). В качестве единиц активности радиоактивного препарата практически применяют внесистемные единицы: **кюри, милликюри, микрокюри и резерфорд**. Кюри – активность препарата данного изотопа, в котором в одну секунду происходит  $3.7 \cdot 10^{10}$  актов распада.

**6. Эквивалентная (биологическая) доза.** В системе СИ измеряется в **Зивертах (Зв)**. Один Зиверт равен  $1 \text{ Гр/сек} = 1 \text{ Дж / ( кг*сек )}$ . Внесистемной единицей эквивалентной дозы является **Бэр (бэр)**:

$$1 \text{ бэр} = 1 \text{ Рад/сек} = 0.01 \text{ Дж/(кг*сек)} = 100 \text{ Гр/сек},$$

$$0.01 \text{ Зв} = 1 \text{ сЗв},$$

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ сЗв} = 1 \text{ Гр/сек} = 1 \text{ Дж/(кг*сек)} = 100 \text{ бэр}.$$

### **2.3. Количественные показатели токсических нагрузок на человека**

Для количественной оценки токсических нагрузок на человека используют некоторые показатели, имеющие конкретные значения для каждого вещества. Основными являются следующие показатели: **доза, концентрация, токсодоза**.

**Доза** – общий термин, показывающий количество токсичного вещества (или количество излучения или энергию излучения), поглощенного средой. Для случая токсичных веществ используют также термин токсодоза.

**Токсодоза** – количественная характеристика токсичности вещества (отравляющего или сильнодействующего ядовитого), соответствующая определенному уровню поражения при его воздействии на живой организм. Токсодозы обычно используют при оценке острых воздействий, поражений.

**Объемная концентрация** – количество вещества облака на единицу объема этого облака. **Удельная концентрация** – количество вещества облака на единицу массы воздуха облака. Концентрацию используют при санитарно-гигиенической оценке (нормировании выбросов) и т.п.

Для всех показателей определяют уровни воздействия, соответствующие определенным биологическим эффектам (смерть, функциональные изменения – раздражение, заболевание) для определенного числа людей из контрольной группы: единичные, 50%-ные, 100%-ные, приводящие к определенным эффектам.

Для концентраций показательной и часто используемой величиной является предельно допустимая концентрация (ПДК), т.е. концентрация

вещества в воздухе, не наносящая вреда человеку при длительном воздействии, например, за рабочую смену (8 часов), в течение времени проживания и т.п. Значение ПДК зависит от свойств вещества, его биологических эффектов и метаболизма (изменение) в организме человека, профессиональных и местных особенностей.

#### ***2.4. Приборы радиационной разведки и дозиметрического контроля***

При взаимодействии радиоактивных излучений со средой происходит ионизация и возбуждение ее нейтральных атомов и молекул. Эти процессы приводят к существенным изменениям физико-химических свойств облучаемой среды, которые можно регистрировать. В зависимости от того, какие физико-химические свойства регистрируются, различают ионизационные, химические, сцинтилляционные и другие методы измерения ионизирующих излучений.

Основным методом является ионизационный. Его сущность заключается в том, что под действием ионизирующих излучений происходит ионизация молекул воздуха, в результате чего увеличивается его электропроводимость. Если объем газа заключить между двумя электродами, к которым приложено напряжение, то между ними возникнет ионизационный ток, который можно измерить. Это устройство, в котором возникает ионизационный ток, называют детектором излучений. В дозиметрических приборах в качестве детекторов ионизирующих излучений используются ионизационные камеры и газоразрядные счетчики.

**Ионизационная камера (ИК)** используется в приборах, предназначенных для измерения мощности дозы излучений (ДП-ЗБ и др.) и дозы излучения (ДКП-50А и др.), и представляет собой устройство, состоящее из двух изолированных друг от друга электродов, к которым подведено напряжение от источника постоянной ЭДС. Объем ИК заполняется воздухом

при нормальном давлении. При воздействии на рабочий объем радиоактивного излучения в ИК образуются электроны и положительно заряженные ионы (рис.2.1). Следовательно во внешней цепи ИК будет протекать ионизационный ток, величина которого будет определяться мощностью дозы излучения и напряжением, приложенным к электродам.

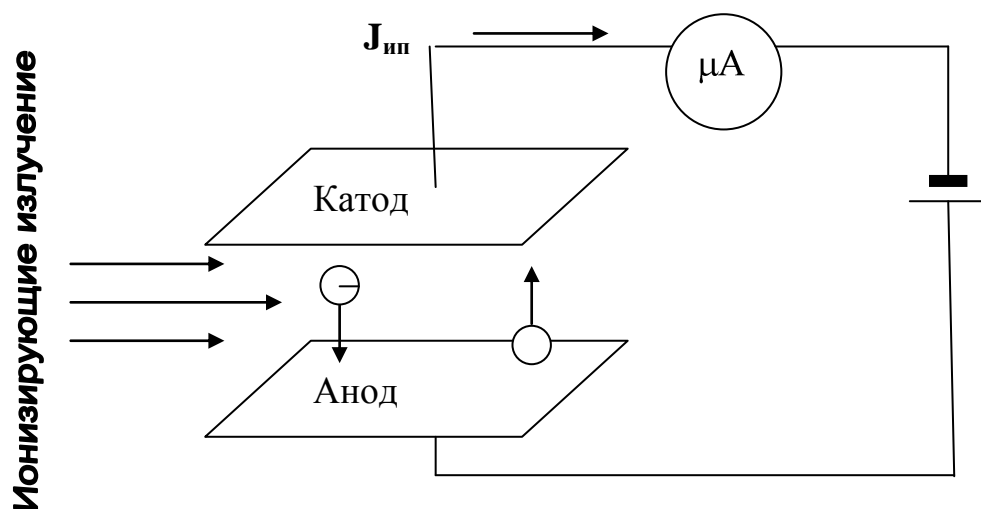


Рис.2.1. Электрическая цепь ионизационной камеры.

**Газоразрядный счетчик (ГС)** используется в качестве детектора ионизирующих излучений в приборах, предназначенных для обнаружения радиоактивного заражения местности и объектов (ДП-5В и др.).

Газоразрядный счетчик представляет собой металлический цилиндр с тонкой коаксиально расположенной металлической нитью, к которым приложено довольно высокое постоянное напряжение (рис.2.2). Пространство между электродами заполнено инертным газом под пониженным давлением. В ГС, в отличие от ИК, используется усиление ионизационного тока за счет явления ударной ионизации в газе.



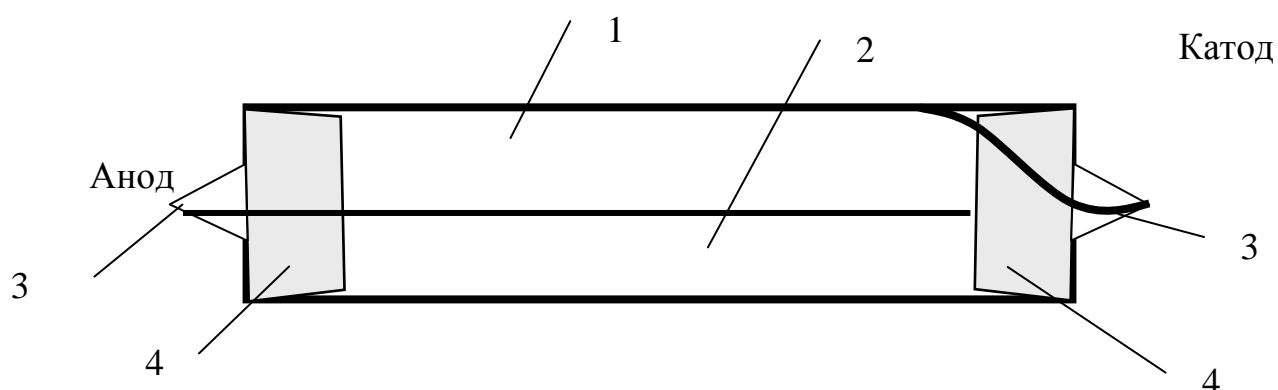


Рис.2.2.

Газоразрядный счетчик с металлическим корпусом:

1-корпус счетчика (катод), 2-нить счетчика (анод),

3- выводы, 4 – изоляторы.

**Основными приборами радиационной разведки в системе ГО и МЧС являются измерители мощности дозы радиометр ДП-5В (ИМД-1Р) и бортовой рентгенометр типа ДП-3Б (ИМД-21).**

Для дозиметрического контроля облучения используются комплекты измерителей дозы ИД-1 и ИД-11, а также дозиметры из комплектов ДП-22В (ДП-24).

– *Комплект индивидуальных дозиметров ДП-22В (ДП-24) предназначен для измерения индивидуальных доз гамма-излучения с помощью карманных прямопоказывающих дозиметров ДКП-50А.*

– *Комплект индивидуальных дозиметров ИД-1 предназначен для измерения индивидуальных доз гамма-излучения.*

– *Комплект индивидуальных измерителей дозы ИД-11 предназначен для регистрации индивидуальных доз гамма- и нейтронного излучений.*

Для обнаружения гамма-излучения вне защитных убежищ и пунктов управления ГО и МЧС используется индикатор-сигнализатор ДП-64.

На объектах экономики используются несколько типов дозиметриче-

ских приборов: измеритель мощности дозы СРП 68-01 (сцинтилляционный геологоразведочный прибор), комплекты индивидуальных дозиметров ДК-02, КДТ-02 и ИФКУ-1. Освоен выпуск целой серии бытовых дозиметрических приборов: «Белла», «Припять», «Поиск-2», «Ладога» и т.д.

В последнее время появились миниатюрные приборы дозиметрического контроля такие как:

– *Прибор для контроля радиационных упаковок, радиоактивных отходов и эффективности биологической защиты ДБГ-06Т, который измеряет мощность эквивалентной и экспозиционной дозы фоновое излучения.*

– *Профессиональный многофункциональный компактный дозиметр для контроля радиационной обстановки МКГ-01, который измеряет эквивалентную дозу, мощность эквивалентной дозы непрерывного рентгеновского и гамма-излучения и поток бета-частиц.*

– *Детектор радиоактивности «Квартекс РД 8901», который предназначен для самостоятельной оценки загрязненности источниками гамма-квантов и бета-частиц твердых и жидких продуктов питания, предметов быта, строительных материалов и окружающей среды.*

## **2.5. Приборы химической разведки**

Наличие ОВ в воздухе, на местности, на боевой технике и в пробах, взятых с различных объектов, определяется с помощью приборов химической разведки, к которым относятся ВПХР, ППХР и ГСП-11. В последнее время на вооружение у специалистов появились индивидуальные газосигнализаторы серии ИГС-98, предназначенные для контроля и оповещения опасных концентраций токсичных и горючих газов в атмосфере, причем газоанализаторы имеют два порога оповещения, не требуют обслуживания и замены элемента питания в течение года, являются избирательными при-

борами и работают при наличии в атмосфере примесных газов (масса прибора 110г.). Также была создана мобильная химическая лаборатория (МХЛ), которая предназначена для ведения разведки с целью получения информации о наличии и содержании АХОВ в объектах внешней среды и в зонах ЧС. Оборудование МХЛ соответствует задачам МЧС в области химического контроля объектов окружающей среды и включает:

- Комплект газоаналитического оборудования «Drager»;
- Универсальный прибор газового контроля УПГК;
- Набор-лаборатория «Пчелка-Р»;
- Мини экспресс-лаборатория МЭЛ;
- Экспресс-лаборатория для определения нефтепродуктов «KIT Hanby»;
- Портативная лаборатория для анализа воды «DREL/2000»;
- Жидкостный хроматограф «Минихром»;
- Ртутетрический комплекс УКР-1м;
- ПЭВМ АТ-486.

Производительность лаборатории за 10 часов работы:

- Индикация – 60-120 проб;
- Качественный анализ – 10-20 проб;
- Количественный анализ – 10-20 проб;
- Время подготовки к работе 15-20 минут;
- Расчет МХЛ – 4 человека.

Также разработана серия газоанализаторов серии «Хоббит-Т» для контроля воздуха рабочей зоны.

**Основным прибором химической разведки, состоящим на снабжении формирований ГО, является войсковой прибор химической разведки (ВПХР). ВПХР предназначен для определения наличия в воздухе, на местности и на технике следующих ОБ: GB, GD, HD, CG, AC, CK, а**

также паров VX в воздухе.

Принцип действия ВПХР заключается в следующем: при просасывании через индикаторные трубки анализируемого воздуха в случае наличия ОВ происходит изменение окраски наполнителя трубок, по которым приблизительно определяют концентрацию ОВ.

Полуавтоматический прибор химической разведки (ППХР) предназначен для решения тех же задач, что и ВПХР, а принцип действия аналогичен.

Автоматический газоанализатор ГСП-11 устанавливается на химических разведывательных машинах и предназначен для непрерывного контроля воздуха с целью определения в нем паров ОВ, при обнаружении которых прибор подает звуковой и световой сигналы.

Для определения наличия в воздухе СДЯВ используется универсальный газоанализатор УГ-2.

В промышленности и коммунальных службах городов часто требуется постоянное измерение концентрации сразу нескольких видов газов. Портативный и многофункциональный газоанализатор **“Mini Warn”** предназначен для индивидуального контроля и одновременного измерения до четырех различных газов ( в основном большинство токсичных и взрывоопасных газов и паров).

Газоанализатор «ЭССА» представляет собой многоканальный стационарный прибор, предназначенный для непрерывного измерения содержания в воздухе рабочей зоны (с сигнализацией и выдачей управляющих сигналов при превышении пороговых значений концентрации) одного из следующих компонентов: аммиака, хлора или окиси углерода.

### **3. Характеристика чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного характера**

При разьяснении радиационной обстановки личному составу следует объявить: уровень радиации, радиоактивного заражения на данное время; через какое время уровень радиации не окажет существенного влияния на здоровье людей; какие мероприятия защиты будут проведены для уменьшения доз облучения и какова их эффективность; какие предельные дозы облучения можно получить за время проведения спасательных и других неотложных работ, возможные последствия облучения, отравления этими дозами. Ответы на данные вопросы можно получить, зная общие положения о радиационной опасности и методику оценки радиационной обстановки. Оценка радиационной обстановки производится методом прогнозирования и по данным разведки.

#### ***3.1. Оценка радиационной обстановки на объекте экономики***

Неблагополучная радиационная обстановка на территории административного района, населенного пункта или объекта экономики возникает в результате заражения местности радиоактивными веществами и требует принятия определенных мер защиты исключающих или снижающих радиационные потери среди населения.

#### ***3.2. Понятие о проникающей радиации и поражении населения***

Мы все постоянно находимся под влиянием "фоновое излучения" от космических лучей и от природных элементов, содержащихся в поверхностном слое почвы. Но люди подвергаются воздействию и "рукотворного" (искусственного) излучения - например, флюорографии, рентгеновского обследования, телевидения и др. Это обуславливает дополнительное радиационное влияние на человека примерно одной четверти радиационного

фона.

В ядерных реакторах и при взрывах атомного оружия происходит деление ядер урана, что сопровождается выделением энергии и образованием большого количества радиоактивных изотопов (продуктов деления) и нейтронов. Эти нейтроны могут соединяться со стабильными атомами (их ядрами), что приводит к образованию радиоактивных изотопов. Во всех этих случаях имеет место проникающая радиация- ионизирующее излучение в виде  $\alpha$ ,  $\beta$  частиц и  $\gamma$ -излучений, нейтронов, рентгеновских лучей- способная при воздействии на живые организмы разрушить молекулы белков, жиров и углеводов в клетках, органах и тканях и приводит к нарушению деятельности органов и систем организма.

Биологический эффект и реакция организма человека на воздействие ионизирующего излучения зависит от дозы облучения, типа излучения, величины поглощенной организмом энергии, времени воздействия, размеров облученной поверхности, индивидуальной чувствительности (возраст, состояние организма в момент облучения). При одном и том же количестве поглощенной энергии биологический эффект от разных видов лучистой энергии будет различным.

**$\alpha$  (Альфа)-** лучи или частицы- это ядра атомов гелия (**He**), имеющие двойной положительный заряд и массу, равную **4**. Альфа-лучи вылетают из ядра атома со скоростью **14-20 тысяч км/час**, обладая энергией порядка **2-9 Мэв** ( мегаэлектрон - вольт ). В атомной физике за единицу энергии принят электрон-вольт (э.в.)- энергия, которую приобретает электрон при прохождении ускоряющей разности потенциалов в 1 вольт. Один Мэв =  $10^6$  эв =  $1,60256 \cdot 10^{-6}$  эрг. Альфа- излучение наблюдается в таких естественно радиоактивных элементах как уран, полоний, радий, торий и др. Эти лучи имеют пробег в воздухе **2-9 см**, в воде и биологических тканях- **0,02-0,06 мм**. Одно из свойств  $\alpha$  - излучения - это более высокая плотность ионизации по сравнению с  $\gamma$  лучами. Альфа-излучение не представляет

большой опасности как источник внешнего облучения на расстоянии **10-20 см** от источника или при наличии перед ним экрана из бумаги, алюминия, стекла или других материалов, достаточных для поглощения излучений. Основную опасность  **$\alpha$ -частицы** представляют при попадании и отложении их внутри организма через неповрежденную кожу.

**$\beta$  (Бета)** - частицы (бета-лучи) представляют собой поток электронов, испускаемых при ядерных процессах и искусственных радиоактивных веществ. Они имеют энергию в пределах **3 Мэв**, величина пробега в воздухе - от **13 см** до **14,5 м**, в биологических тканях - от **0,11 мм до 12,5 мм**. Воздействие Бета-частиц на организм может проявиться либо при внешнем облучении, поражающим кожу, либо при внутреннем попадании в организм человека. Защита от внешнего облучения бета-частицами достигается либо увеличением расстояния от источника излучения, либо использованием коллективных и индивидуальных средств защиты. Бета-лучи полностью задерживаются оконным стеклом, жестью, толстой кожей, значительное количество их задерживается тканью,

**$\gamma$  (Гамма)** лучи - это поток фотонов, квантов энергии. Они относятся к электромагнитному виду излучения и обладают короткими длинами волн (**0,001-0,1 Ангстрем**). Энергия гамма - лучей находится в пределах от **0,01 до 10 Мэв**, На следе радиоактивного облака гамма - лучи имеют пробег около **100 м** от излучателя (например) ядра Цезия и др.), а из зоны ядерной реакции, имея очень большую энергию, они могут распространяться на **1,5-2 км** и более. Проходя через тело человека и другие материалы с небольшой плотностью,  $\gamma$  - лучи подвергаются небольшому ослаблению, расходуя энергию на ионизацию атомов, главным образом вторичными электронами, которые выбиваются  $\gamma$  - квантами при прохождении через вещество. Ионизирующее действие  $\gamma$ -лучей обусловлено вторичными электронами. Гамма-излучение представляет наибольшую опасность при внешнем облучении и требует устройства специальной защиты из мате-

риалов большой плотности,  $\gamma$ -лучи с высокой энергией (жесткие) могут проходить сквозь слой свинца толщиной в несколько сантиметров.

**Нейтроны** не обладают электрическим зарядом. Они распадаются в течении **10-30** минут на протон и электрон. Нейтроны могут быть быстрыми, "медленными и тепловыми. Нейтронное излучение обладает большой проникающей способностью. Быстрые нейтроны, взаимодействуя с ядрами атомов, передают свою энергию им и замедляются, превращаясь, в медленные. В организме на глубине **4-6 см** поток быстрых нейтронов уменьшается примерно в **2** раза. Медленные и тепловые нейтроны при столкновении с атомами вступают в ядерные реакции с ними, в результате чего испускается ионизирующее излучение. При этом образуются стабильные или радиоактивные изотопы. В результате столкновения быстрых нейтронов с ядрами водорода (протонами) нейтроны передают им некоторую часть своей энергии, и эти ядра вызывают ионизацию ткани, происходит образование атомов тяжелого водорода и испускание  $\gamma$  - лучей. Медленные нейтроны поглощаются в тканях организма ядрами атомов (обычно водорода или кислорода). При рассмотрении апологического действия нейтронного излучения необходимо иметь в виду, что в сравнении с гамма-излучением нейтроны обладают более выраженным повреждающим действием на всех уровнях биологической организации- от молекулярного до целостного организма. Это обусловлено более глубоким поражением молекулярных механизмов генетического аппарата клеток, Под влиянием нейтронов в организме образуются радиоактивные вещества - наведенная радиоактивность. Огромное количество нейтронов образуется в зоне ядерной реакции при взрыве ядерных боеприпасов, особенно нейтронной бомбы, а также в атомных котлах и циклотронах. Ядерное излучение нейтронных боеприпасов примерно в **7-10 раз** опаснее гамма - излучения.

Степень тяжести лучевого поражения зависит от поглощенной дозы. Для измерения этой дозы применяется условная единица "**рад**" - рентге-



новская ассимиляционная доза. **1 "рад"** - это такое количество любого вида ионизирующего излучения, при прохождении которого в **1 гр.** ткани ассимилируется **100 эрг** энергии. Принято считать, что **1 р** (рентген) = **1,12 "рад"**, **1,12 "рад"** = **0,01 зеверт** (**1 зеверт** = **100 Рентген** = **100 бэр**). В международной системе СИ единицей измерения поглощенной дозы принят **1 ГРЕЙ (Гр); 1 Гр=100 "рад"**.

Один рентген - это такая доза излучения, при прохождении которой в **1 куб. см** воздуха образуется около **2 миллиардов пар ионов**. Внесистемной единицей эквивалентной дозы является **бэр** (при вычислениях может быть приравнена к экспозиционной дозе 1 рентген). **1 мбэр (миллибар) - тысячная доля бэра**. Ниже приведены значения доз облучения. Например, **2,5 мбэр** - доза космического облучения пассажира гражданского самолета, которую он получает за время перелета в одну сторону от Москвы до Новосибирска; **10 мбэр** - столько получает человек при одном медицинском обследовании грудной клетки с использованием современного флюорографического оборудования; **30 мбэр** - среднегодовая доза облучения, обусловленная космическим излучением на территории России; **300 мбэр** - средняя годовая доза, получаемая населением от всех источников естественного радиоактивного облучения- космического, прямого излучения горных пород и минералов, влияние радиоактивного радона и продуктов его распада; **500**-предельная допустимая годовая доза облучения части населения (**категория Б**); **5000 мбэр ( 5 бэр )**- то же самое для персонала атомной промышленности (**категория А**).

При выпадении на местности радиоактивных, химических элементов в результате аварий или при выбросе **РВ** в атмосферу резко повышается радиационный фон местности, становится опасно для здоровья и жизни людей. Под действием проникающей радиации у пораженных развивается острая лучевая болезнь, повреждается генетический аппарат, отмечается рак печени, легких, кожи и других органов и тканей. При внешнем радиа-

ционном облучении организм человека поражают нейтроны и  $\gamma$  - излучение, а частицы опасности не представляют. Опасность источников  $\alpha$  и  $\beta$  - излучений будет велика при попадании их на поверхность тела и, особенно, при попадании внутрь. Острые последствия возникают только в случае, если доза облучения превысила 50 бэр, и оно продолжалось относительно короткое время (меньше двух суток). При дозах свыше 500 бэр начинают выпадать волосы, возникают рвота, внутренние кровотечения, возрастает риск инфекционных заболеваний и смерти.

В мирное время для профессиональных работников, связанных с воздействием ионизирующего излучения, максимально допустимая доза облучения в год составляет до **5 Р.** (или в течение всей трудовой деятельности не более **250 Р**). Для всех остальных людей доза облучения в год не должна превышать **0,5 Р.** (за период жизни суммарная доза не должна превышать **25 Р**).

Облучение может быть однократным и многократным, **однократным** считается облучение, полученное в течение первых **4 суток** (одномоментно или дробно), свыше 4 суток - **многократное**. При однократном облучении в зависимости от полученной дозы различают **4** степени острой лучевой болезни:

- **1 степень** - легкая, при дозе **1,- 2,5 Гр**;
- **2 степень** - средняя, при дозе **2,5 - 4 Гр**;
- **3 степень** - тяжелая, при дозе **4 - 6 Гр**;
- **4 степень** - крайне тяжелая, при дозе **свыше 6 Гр**; при данной степени поражения в течение 2-х недель может наступить смерть.

На военное время приняты допустимые дозы облучения людей, которые не приводят к развитию острой лучевой болезни и позволяют им выполнять их функциональные обязанности:

- однократные - до 50 Р. (0,5 Зв);
- за 10-30 суток - до 100 Р. (1 Зв);

- за 1 квартал - до 150 Р. (1,5 Зв);
- за год - до 200 Р. (2 Зв).

При выпадении из радиоактивного облака (при аварии или ядерном взрыве, или аварийном выбросе) радиоактивных веществ на радиационных объектах происходит радиоактивное заражение местности радиоактивными элементами. Выпадение радиоактивных веществ на местность происходит неравномерно: наибольшее их количество выпадает вблизи эпицентра аварии или взрыва и по оси перемещения радиоактивного облака, чаще по ветру. След радиоактивного облака на местности обычно имеет форму неправильного эллипса (однако форма может быть самой разнообразной в зависимости от скорости и постоянства направления ветра), длина его может быть несколько десятков и даже сотни километров, а ширина его обычно составляет 1/6 часть длины. Степень радиоактивного заражения местности и объектов принято обозначать как уровень радиации или мощность дозы в р/ч (рентген/час). Чем больше времени пройдет после образования следа радиоактивного облака, тем меньше будет уровень радиации за счет быстрого распада РВ с коротким периодом полураспада. Особенно быстро снижается уровень радиации в первые часы и сутки. Так, если уровень радиации через 1 час принять за 100%, то через 7 часов уже будет 10 %, через 48 часов будет 1 %, а через 2 недели - 0,1% от первоначального уровня.

Местность считается зараженной при уровне радиации свыше 0,5 р/ч. С целью прогнозирования возможных радиационных потерь и проведения мероприятий по защите людей на зараженной местности выделяют 4 зоны с различной степенью заражения ( рис. 3.1. ):

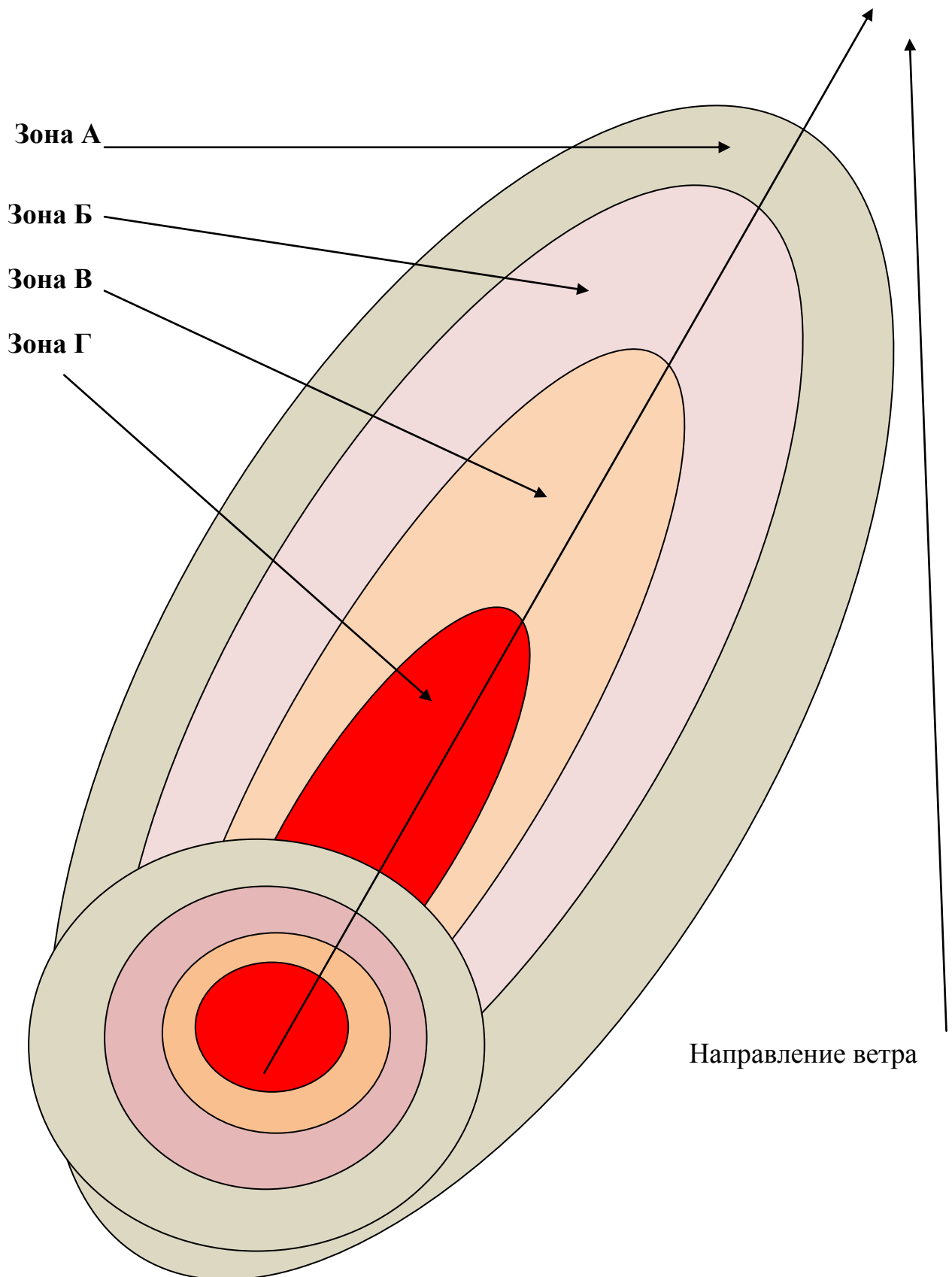


Рис. 3.1. Схема радиоактивного заражения местности в районе взрыва и по следу движения облака

– **зона "А"** - умеренного заражения (наружная зона) с границами:

через 1 час - 8-80 р/ч; через 10 часов - 0,5-5 р/ч; Д - 40-400

– **зона "Б"** - сильного заражения с границами:

через 1 час - 80-240 р/ч; через 10 часов - 5-15 р/ч; Д - 400-1200 р;

– **зона "В"** - опасного заражения с границами:

через 1 час - 240-800 р/ч; через 10 часов - 15-50 р/ч-, Д - 1200-4000 р;

– **зона "Г"** - чрезвычайного опасного заражения (в эпицентре) с границами:

через 1 час - свыше 800 р/ч; через 10 часов - свыше 50 р/ч; Д - более 4000 рентгенов.

При нахождении на зараженной РВ местности проникающая радиация вызывает у людей и животных острую лучевую болезнь разной степени в зависимости от полученной дозы внешнего облучения от выпавших на местность РВ.

При действии в зоне "А" в течение первых суток после образования следа вне укрытий люди могут получить облучение выше допустимой дозы, укрытия снижают дозу облучения.

При нахождении в зоне "Б" вне укрытий люди могут выйти из строя в течение 12 часов.

В зоне "В" радиационные поражения исключаются только при нахождении в противорадиационных укрытиях.

В зоне "Г" даже при кратковременном пребывании в укрытиях возникают тяжелые радиационные поражения. Доступ людей в эту зону возможен только через 3-5 суток после заражения.

Зная, в какой зоне находились люди и время их пребывания там, можно ориентировочно определить дозу, которую они получают или получили, с учетом коэффициента ослабления защитного объекта. Так, машина ослабляет уровень радиации в 2 раза, ЕМП - в 4 раза, танк - в 10 раз, окопы и траншеи - в 20 раз и т.д.

При нахождении на зараженной РВ местности человек кроме внешнего радиационного облучения может получить облучение от попадания РВ на кожу тела и внутрь организма при вдыхании радиоактивной пыли и употреблении зараженных РВ пищи, продуктов и питьевой воды. В этих случаях основное поражение органов и тканей происходит от разрушающего воздействия и частиц. При попадании РВ на кожу развивается радиационный ожог кожи. При попадании РВ внутрь характер поражения зависит от физико-химических свойств РВ. в частности, от всасываемости, например. СТРОНЦИЙ, барий, цезий, йод в ш-9и 7, всасываются из Ж.К. Т.; другие, как церий, иттрий, цирконий всасываются незначительно (в 0,5-1 %) и, вызвав облучение и ожог слизистой кишечника, за 2-4 дня выводятся из организма с калом. При аэрогенном поступлении часть изотопов (5-15 X) задерживается в легких, часть всасывается в кровь (10-35 %), остальные отторгаются с мокротой. Судьба поступивших в организм РВ также складывается неодинаково: часть их вступает во взаимодействие с различными компонентами крови, другие в силу своей тропности накапливаются в определенных органах. Так, в костях - стронций, барий, иттрий, цирконий, плутоний; в печени - лактан, церий, йод; в почках - уран, хром, мышьяк, ртуть; в щитовидной железе - йод. Соответственно, эти особенности распределения РВ в организме человека при попадании их внутрь организма откладывают свой отпечаток на характер поражения органов и тканей от внутреннего радиационного облучения.

### ***3.3.Методика оценки радиационной обстановки***

Под оценкой радиационной обстановки понимается решение основных задач по различным вариантам действий формирований, а также по организации производственной деятельности объекта в условиях радиоактивного заражения, анализу полученных результатов и выбору наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключаются радиаци-

онные потери.

Оценка радиационной обстановки включает:

- определение масштабов и характера радиоактивного заражения (загрязнения);
- анализ влияния на деятельность объектов, сил ГО и населения;
- выбор наиболее целесообразных вариантов действий, при которых исключается радиационное поражение людей.

Оценка радиационной обстановки проводится по результатам прогнозирования последствий ядерного взрыва и по данным радиационной разведки. Исходными данными для прогнозирования радиационной обстановки по данным разведки являются:

- время ядерного взрыва, от которого произошло радиоактивное заражение;
- уровни радиации в районе объекта или предстоящих действий;
- коэффициенты ослабления используемых типов защитных сооружений, зданий, техники, транспорта и т.д.;
- заданные (установленные) дозы облучения людей (с учетом ранее полученной дозы).

В этом случае задачи по оценке радиационной обстановки могут решаться аналитически или графоаналитическим путем, а также с использованием специальных линеек (РЛ и ДЛ-1 ).

Параметры ядерного взрыва штабы ГО получают от постов засечки ядерных взрывов (посты развертываются на территории страны); метеостанции несколько раз в сутки передают штабам ГО данные о направлении и скорости среднего ветра. Средним называется ветер, средний по направлению и скорости во всем слое атмосферы от поверхности земли до максимальной высоты подъема радиоактивного облака. Метеостанции передают данные о среднем ветре в, слоях: 0-2, 0-4, 0-6, 0-8, 0-10 км и т.д. увеличивая слой атмосферы на 2 км. Однако передача данных о параметрах

ядерного взрыва в крупные штаба ГО, не говоря уж об объектах народного хозяйства, требует значительного времени. Знание даже одного параметра-вида ядерного взрыва - дает возможность немедленно оценить обстановку с точки зрения радиоактивного заражения местности. Вот почему еще до получения данных от специальной системы обнаружения ядерных взрывов необходимо хотя бы ориентировочно оценить эти параметры. Только достоверные данные об уровне радиоактивного заражения, полученные с помощью дозиметрических приборов, позволяют объективно оценить радиационную обстановку. На объекте экономики разведка ведется постами радиационного и химического наблюдения, звеньями и группами радиационной и химической разведки. Они устанавливают начало заражения, границы зон заражения, намеряют уровни радиации.

При оценке радиационной обстановки, как правило, приходится решать ряд задач, условия которых, а также их решение с использованием таблиц Приложения данной разработки, которые приводятся ниже.

**ЗАДАЧА № 1.** Приведение уровней радиации к одному часу после ядерного взрыва. При решении этой задачи могут быть два варианта: время взрыва известно; время взрыва неизвестно.

Когда время взрыва известно, задача решается по таблице №1 Приложения,

**Пример 1.** В 10 час 20 мин уровень радиации на территории объекта составил 10 Р/ч. Определить уровень радиации через 1 час после взрыва, если ядерный взрыв произошел в 7 час 20 мин.

**Решение:**

1. Определяем разность между временем замера уровня радиации и временем ядерного взрыва (10 час 20 мин - 7 час 20 мин) = 3 часа.

2. По таблице № 1 Приложения находим значение коэффициента (3.7), на который умножаем измеренный уровень радиации:  $10 \text{ Р/ч} \cdot 3.7 = 37$



Р/ч.

Если время взрыва неизвестно, его можно определить по скорости спада уровня радиации с интервалом времени не менее 10 минут. По результатам двух измерений  $P_1$  и  $P_2$  находим отношение  $P_2: P_1$  и по таблице № 2 Приложения определяем время от момента взрыва до второго измерения.

**Пример 2.** На территории объекта были измерены уровни радиации: в 10 час 30 мин -  $P_1 = 100$  Р/ч; в 11 час 30 мин -  $P_2 = 80$  Р/ч. Определить время взрыва, в результате которого произошло заражение местности.

**Решение:**

Определяем интервал между этими двумя измерениями: 11 час. 30 мин - 10 час. 30 мин = 1 час,

Находим отношение  $P_2$  к  $P_1$ :  $80: 100 = 0,8$

По отношению и интервалу измерений по таблице №2 Приложения находим время, прошедшее после взрыва до второго измерения. Оно равно 6 часам. Следовательно, взрыв был в 5 часов 30 минут.

**ЗАДАЧА №2.** Определение возможных экспозиционных доз облучения при действиях личного состава на зараженной радиоактивностью местности (РВ).

Для решения этой задачи необходимы следующие данные:

- уровень радиации на 1 час после ядерного взрыва;
- продолжительность пребывания людей на этой местности;
- степень защищенности, которая характеризуется коэффициентом ослабления экспозиционной дозы радиации ( $K_{осл}$ );
- время начала облучения от момента взрыва.

**Пример 3.** Рабочие прибыли из укрытия в цех, расположенный в одноэтажном производственном здании, через 2 часа после взрыва. Уровень радиации на территории объекта через 1 час после взрыва составлял  $P_1 =$

300 р/ч. Определить экспозиционную дозу облучения, которую получают рабочие в цехе, если работа будет продолжаться 6 часов. Дано:  $P_1 = 300$  р/ч на 1 ч после взрыва;  $T = 6$  ч ( продолжительность работы };  $T_{\text{нач.обл}} = 2$  ч ( время начала облучения);  $K_{\text{осл}} = 7$  (коэффициент ослабления в цехе) .

**Решение:**

1. По таблице № 5 Приложения находим дозу на открытой местности при условии 100 Р/ч на 1 час после взрыва. Необходимые входные данные: время начала облучения и время пребывания в зоне РВ. Она составляет 105 Р/ч.

2. По условию задачи на объекте не 100,Р/ч, а 300 Р/ч на 1 час после взрыва. Значит, доза будет в 3 раза больше:  $105 \text{ Р/ч} \cdot 3 = 315 \text{ Р/ч}$ .

3. В цехе экспозиционная доза будет в 7 раз меньше:  $315 \text{ р/ч} : 7 = 45$  р/ч. Коэффициент ослабления можно определить из таблицы №4 Приложения.

**Пример 4.** Формированию ГО предстоит работать 2 часа на открытой местности, где уровни радиации на 1 час после взрыва составили 50 рад/ч. Личный состав формирования 4 недели тому назад получил дозу  $D_{\text{лп}} = 10$  рад. Определить суммарную дозу излучения, которую получит личный состав формирования при входе в очаг через 2 часа после взрыва с учетом остаточной дозы.

**Решение:**

1. Рассчитаем полученную  $D$ , остаточную  $D_{\text{ост}}$  и суммарную  $D_{\text{сум}}$  дозы излучения по следующим формулам:

$$D = \frac{5 \cdot (P_n \cdot t_n - P_k \cdot t_k)}{K_{\text{осл}}}$$

и упрощенная формула:

$$D = \frac{(P_n + P_k) \cdot T}{2 \cdot K_{\text{осл}}}$$

$$D_{ост} = K \cdot D_{np}$$

$$D_{сум} = D + D_{ост}$$

где  $P_n, P_k$  - уровни радиации соответственно в начале ( $t_n$ ) и в конце ( $t_k = t_n + T$ ) пребывания в зоне заражения.

Определим  $t_k = 2 + 2 = 4$  часа.

Уровни радиации на начало и конец пребывания в зоне заражения определяются по формулам  $P_n = P_1 \cdot K_n$  и  $P_k = P_1 \cdot K_k$ , где коэффициенты определяются из таблицы №1 Приложения:  $K_n = 0.44$ ,  $K_k = 0.19$ .  $K_{осл}$  определяется по таблице №4 Приложения: для открытой местности = 1.

Тогда:

$$D = 5 ( 50 \cdot 0.44 \cdot 2 - 50 \cdot 0.19 \cdot 4 ) / 1 = 30 \text{ рад.}$$

Вычислим остаточную дозу облучения, используя таблицу №11 Приложения:  $D_{ост} = 0.5 \cdot 10 = 5$  рад. Наконец можно рассчитать суммарную дозу облучения:  $D_{сум} = 30 + 5 = 35$  рад.

Близкие к этим результатам ответы получаем и по упрощенной формуле:

$$D = (22 + 9.5) \cdot 2 / (2 \cdot 1) = 31.5 \text{ рад и } D_{сум} = 31.5 + 5 = 36.5 \text{ рад.}$$

**Пример 5.** Формирование ГО предстоит преодоление следа радиоактивного заражения протяженностью 10 км на автомобилях со скоростью 20 км/ч. Определить дозу излучения личного состава, если измеренные разведкой уровни радиации в точках маршрута составили 8, 30, 240, 20 и 10 рад/ч.

**Решение:**

Расчет доз облучения личного состава осуществляется по формулам:

$$D = \frac{P_{ср} \cdot l}{K_{осл} \cdot v}$$

$$P_{ср} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

$$P_{cp} = \frac{P_{max}}{4}$$

где  $P_{cp}$  – средний уровень радиации на маршруте движения,

$P_1, P_2, \dots, P_n$  измеренные уровни радиации на маршруте движения,

$P_{max}$  – максимальный уровень радиации на маршруте,

$l$  – протяженность маршрута движения,

$v$  – скорость движения.

Для расчета необходим коэффициент ослабления из таблицы 4 Приложения.

$$D = 10 \cdot (8 + 30 + 240 + 20 + 10) / (5 \cdot 2 \cdot 20) = 15 \text{ рад.}$$

**ЗАДАЧА №3.** Определение допустимого времени начала и продолжительности проведения аварийно-спасательных работ на зараженной территории при установленной дозе облучения.

Исходные данные взяты из примера 3 задачи № 2. Установлено, что рабочие до начала аварийно-спасательных работ уже получили 45 Р, а если будет установлена доза 20 Р/ч, то сколько времени могут рабочие работать в этих условиях.

Эта задача решается по таблице № 6 Приложения.

**Решение;**

1. Рассчитываем числовое значение отношения:

$$\frac{D_{зад} \cdot K_{осл}}{P_{вх}}$$

Нам известно  $P_{вх}$ , то есть уровень радиации на 2 часа после взрыва: его определяют по таблице № 1 Приложения :  $300 \text{ Р/ч} \cdot 0,44 = 132 \text{ Р/ч}$ .

2. По найденному отношению  $D_{зад} \cdot K_{осл} / P_{вх} = (20 \cdot 7) : 132 = 140 : 132 = 1,06$  и времени начала облучения = 2 часа определяем по таблице №6 Приложения, сколько времени можно работать, чтобы не получить дозу более 20 р. Оно составит 1 час- 32 мин. с учетом интерполяции на 6 мин.

**ЗАДАЧА №4.** Определение режимов защиты рабочих и служащих и производственной деятельности объекта экономики.

Под режимом защиты понимается порядок применения средств и способов защиты людей, предусматривающий максимальное уменьшение возможных экспозиционных доз облучения и наиболее целесообразные их действия в зоне радиоактивного заражения.

**Пример 6.**

Уровень радиации на территории объекта на 1 час после взрыва составлял 300 р/ч. На объекте имеются убежища с  $K_{осл}$  равным 1000. Рабочие работают в цехах с  $K_{осл} = 7$ , проживают в кирпичных домах с  $K_{осл} = 10$ . Определить режим защиты.

**Решение:**

Эта задача решается по таблице №8 Приложения, где находим режим, например, В-1 К4. Это означает, что для рабочих и служащих, использующих для защиты убежища с коэффициентом ослабления, равным  $K_{осл} = 1000$  при уровне радиации, через 1 час после выхода радиоактивных веществ, 300 р/ч соответствует режим защиты, согласно которому работы на объектах прекращаются и люди находятся в убежище 8 часов. По истечению 8 часов на объекте восстанавливается производственная деятельность. Одна из смен приступает к работе, а вторая находится в убежище. Затем отработавшая смена направляется для отдыха в убежище, а вторая смена приступает к работе. Продолжительность работы в данном режиме - 24 часа. Через 32 часа ( $24 + 8$ ) рабочие и служащие переходят на режим с ограниченным пребыванием на открытой местности (не более 2 часов в сутки). В этот период люди для отдыха используют жилые дома. Общая продолжительность соблюдения режима 10 суток ( $24 + 8 + 208$ ).

**Пример 7.** Определить допустимую продолжительность работы личного состава формирования ГО в очаге поражения, если измеренный уровень радиации при входе в очаг через 2 часа после взрыва составлял 20

рад/ч. Заданная доза излучения равна 40 рад.

**Решение:**

1. Определяем:

$$\frac{D_{зад} \cdot K_{осл}}{P_H} = \frac{40 \cdot 1}{20} = 2,0;$$

где:  $P_H$  - уровень радиации к моменту входа на зараженный участок, рад/ч;  $D_{зад}$  - заданная ( установленная ) доза излучения, рад;  $K_{осл}$  - коэффициент ослабления излучения по таблице 4 Приложения .

2. По таблице №6 Приложения для  $t_H = 2$  часа

находим допустимую продолжительность работы личного состава в очаге поражения  $T = 4$  часа 00 мин.

**Пример 8.** Рассчитать режим работы цеха при радиоактивном заражении для следующих условий:

$P_1 = 240$  рад/ч,  $D_{зад} = 30$  рад,  $K_{осл} = 7$ ,  $N = 3$ , минимальное время работы 1-й смены  $T_1 = 2$  часа.

**Решение:**

1. Определяем отношение:

$$a = \frac{P_H}{D_{зад} \cdot K_{осл}} = \frac{240}{30 \cdot 7} = 1,1$$

По таблице №7 Приложения при  $T = 2$  час и  $a = 1,1$  находим время начала работы 1-й смены :  $t_{н1} = 1$  час.

3. Определяем время начала работы 2-й смены:

$$t_{н2} = t_{н1} + T = 1 + 2 = 3 \text{ час.}$$

4. По таблице №7 Приложения при  $t_{н2} = 3$  часа вычисляем продолжительность работы 3-й смены по таблице №7 Приложения  $T_2 = 8$  часов, что позволяет рассчитать время начала 3 смены:

$$t_{н3} = t_{н2} + T_2 = 3 + 8 = 11 \text{ часа.}$$

5. По таблице №7 при  $t_{н3} = 11$  часа и  $a = 1,1$  находим продолжительность работы 3-й смены :  $T_3 \gg 12$  ч.; принимаем  $T_3 = 12$  ч..

6. Определяем время окончания работы 1-й полной вахты ( $t_0$ ), составленной из 3-х сокращенных смен:

$t = t + T + T + T = 1 + 2 + 8 + 12 = 23$  час, т.е. через 23 часа после взрыва должна прибыть из загородной зоны и приступить к работе 2-я полная вахта.

7. Доза излучения, полученная 1-й и 2-й сменами, составит 30 рад, так как они будут работать полное расчетное время, а 3-я смена будет работать меньше. Ее дозу можно определить, используя таблицу №7. Входными данными являются  $t_{из} = 11$  часов и  $Tз = 12$  ч. В результате получаем  $a = 2.5$ , тогда:

$$a = P / (D * K_{осл}) = 2.5.$$

$$\text{Следовательно } D = P / (2.5 * K_{осл}) = 240 / (2.5 * 7) = 13.7 \text{ рад.}$$

D можно также найти по формуле (решить самостоятельно).

$$D = \frac{5 \cdot P_n \cdot t_n - P_k \cdot t_k}{K_{осл}}$$

**ЗАДАЧА №5.** Определение процента выхода из строя людей, получивших облучение. Задача решается по таблице №9 и таблице №10 Приложения в зависимости от времени пребывания на зараженной территории и суммарной дозы радиации.

**Пример 9.** Личный состав формирования ГО за время проведения спасательных работ получил в течение четырех суток суммарную дозу излучения 125 рад. Определить процент радиационных потерь.

**Решение:**

По таблице №9 Приложения радиационные потери составят 5%.

**Примечание:** В задачах 1-5 дается ссылка на таблицы Приложения, заимствованные из литературы /3/.

### 3.4. Проверочные задачи для контроля усвоения материала

1. Для условий задачи №1:  $t_1 = 12.00$ ;  $P_1 = 20$  рад/ч;  $t_2 = 13.00$ ;  $P_2 = 14$  рад/ч;  $t_{ввр.} = ?$  Ответ:  $t_{ввр.} = 9.00$ .

2. Для условий задачи №2:  $P_1 = 30$  рад/ч ;  $t_H = 3$  час;  $T = 2$  часа;  $K_{осл} = 1$ ;  $O_{пр} = 20$  рад;  $t_{пр} = 5$  недель;  $D_{сум} = ?$  Ответ:  $D_{сум} = 20$  рад.

3. Для условий задачи №4:  $P_{max} = 100$  рад/час;  $I = 15$  км;  $U = 30$  км/час;  $K_{осл} = 2$ ;  $D = ?$  Ответ:  $D = 6$  рад.

4. Для условий задачи №4:  $t_H = 1$  час;  $P_H = 30$  рад;  $D_{зад} = 30$  рад;  $K_{осл} = 1$ ;

$T = ?$  Ответ:  $T = 2$  часа 03 мин.

#### 5. Комплексная задача по оценке радиационной обстановки:

В районе расположения формирования в загородной зоне в  $t_1$  был измерен уровень радиации  $P_{t1}$ , а при повторном измерении в той же точке в  $t_2$  до  $P_{t2}$ .

В период времени с  $t_1$  до  $t_3$  личный состав формирования находился в защитном сооружении с коэффициентом ослабления, равным  $K_{осл}$ , после чего выехал на автомобилях в район проведения спасательных работ на открытой радиоактивно зараженной местности.

Скорость движения колонны на зараженной местности -  $U$  км/ч, длина маршрута -  $I$  км, максимальный уровень радиации на маршруте -  $P_{max}$ , рад/ч. Продолжительность работ -  $T$ , час.  $n$  недель тому назад личный состав формирования получил дозу излучения  $D_{пр}$ , рад. Определить суммарную дозу излучения  $D_{сум}$  и возможные радиационные потери,  $\Pi$  %. Исходные данные для решения задачи даны в таблице 1.

Таблица 1.

Исходные данные для 1 и 2 вариантов задачи

NN пп	$t_1$	$P_{t1}$	$t_2$	$P_{t2}$	$t_3$	$K$	$P_{max}$	$U$	$I$	$T$	$n$	$D_{пр}$
1	10.0	50	11.00	30	14.00	10	80	20	10	2	1	10
2	9.30	80	10.00	64	13.00	10	160	20	10	3	2	20



Таблица 2.

**Рассчитанные данные для 1 варианта и контрольная величина  
для 2 варианта**

<b>NN пп</b>	<b><math>t_{ввр}</math></b>	<b><math>P_1</math></b>	<b><math>P_{13}</math> в <math>t_3</math></b>	<b><math>D_{зс}</math></b>	<b><math>D_M</math></b>	<b><math>t_4</math></b>	<b><math>P_{t4}</math></b>	<b><math>D_p</math></b>	<b><math>D_{ост}</math></b>	<b><math>D_{сум}</math></b>	<b><math>\Pi</math></b>
<b>1</b>	8.00	115	13	10	5	14.30	12	20	9	44	-
<b>2</b>										105	

Решение задачи (вариант № 1) записать в таблицу 2 и сравнить полученный ответ с приведенным в таблице. Затем для самоконтроля решить вариант № 2, для проверки которого дана только итоговая величина:

$$D_{сум} = D_{ас} + D_M + D_{ост}.$$

Сделать выводы и дать предложения по уменьшению получения облучения личного состава до безопасной величины (50 рад).

**3.5. Контрольные задачи.** ( Вариант выбирается по порядковому номеру в списке группы)

**Задача 1.**

На территории объекта были измерены уровни радиации:

<b>Вариант</b>	<b>T<sub>1</sub> час-мин</b>	<b>P<sub>1</sub> p\ч</b>	<b>T<sub>2</sub> час-мин</b>	<b>P<sub>2</sub> p\ч</b>
<b>1</b>	10-00	120	12-00	80
<b>2</b>	11-00	100	14-00	60
<b>3</b>	12-00	80	15-00	30
<b>4</b>	13-00	60	17-00	10
<b>5</b>	14-00	40	18-00	10
<b>6</b>	Л 5-00	140	20-00	60
<b>7</b>	16-00	130	19-00	100
<b>8</b>	17-00	120	18-00	110
<b>9</b>	18-00	110	21-00	70
<b>10</b>	19-00	100	24-00	50
<b>11</b>	9-00	90	13-00	50
<b>12</b>	9-00	80	14-00	30
<b>13</b>	10-00	70	15-00	10
<b>14</b>	10-00	60	13-00	10
<b>15</b>	11-00	50	12-00	40

Продолжение таблицы

<b>16</b>	11-00	40	13-00	20
<b>17</b>	12-00	120	21-00	20
<b>18</b>	12-00	100	20-00	30
<b>19</b>	13-00	90	20-00	20
<b>20</b>	13-00	80	19-00	30
<b>21</b>	14-00	80	18-00	40
<b>22</b>	14-00	70	18-00	30
<b>23</b>	15-00	70	17-00	20
<b>24</b>	15-00	60	18-00	20
<b>25</b>	16-00	60	19-00	10
<b>26</b>	16-00	50	19-00	10
<b>27</b>	17-00	50	21-00	15

Определить время взрыва  $T_{\text{взр}}$ , от которого произошло заражение местности.

### Задача 2.

Измеренный разведкой в районе расположения цеха через **2 часа** после взрыва уровень радиации составил:

<b>Вариант</b>	<b><math>P_2</math> Р\ч</b>	<b>Вариант</b>	<b><math>P_2</math> Р\ч</b>	<b>Вариант</b>	<b><math>P_2</math> Р\ч</b>
<b>1</b>	7	<b>10</b>	9	<b>19</b>	11
<b>2</b>	8	<b>11</b>	10	<b>20</b>	12
<b>3</b>	13	<b>12</b>	15	<b>21</b>	17
<b>4</b>	18	<b>13</b>	20	<b>22</b>	22
<b>5</b>	23	<b>14</b>	25	<b>23</b>	27
<b>6</b>	28	<b>15</b>	30	<b>24</b>	32
<b>7</b>	33	<b>16</b>	35	<b>25</b>	37
<b>8</b>	38	<b>17</b>	40	<b>26</b>	42
<b>9</b>	43	<b>18</b>	45	<b>27</b>	47

Определить уровень радиации на **1 час** после взрыва

**Задача 3.**

Рабочие прибыли из укрытия в место назначения через  $t_1$  после взрыва. Уровень радиации на территории объекта через  $t_2$  после взрыва составлял  $P_{t2}$ . Определить экспозиционную дозу облучения, которую получают рабочие в месте назначения, если работа будет продолжаться  $T$  часов.

Вариант	Место назнач. $K_{осл}$	$t_1$	$t_2$	$P_{t2}$	$T$
1	1 - этажный цех, =7	3	1	250	6
2	3-этажн.здание =6	1	2	300	5
3	Жил.камен 1-эт.зд., =10	2	4	150	7
4	3 этаж. здан. подвал, =200	2	1	100	8
5	Жил.дерев.дом, =2	3	2	200	5
6	Крытые вагоны, =2	4	1	300	5
7	1 -этажный цех, =7	4	2	200	6
8	1 -этажный цех, =7	2	1	300	8
9	3-этажн.здание, =6	3	2	200	3
10	3-этажн.здание, =6	4	1	100	4
11	Жил.камен 1-эт.зд., =10	2	4	50	4
12	Жил.камен 1-эт.зд., =10	3	1	300	6
13	3-этаж.здан.подвал, =200	1	4	250	7
14	3-этаж.здан. подвал, =200	1	5	150	7
15	1 –этажный цех, =7	3	1	250	6
16	3-этажн.здание, =6	1	2	320	5
17	Жил.камен 1-эт.зд., =10	2	4	170	7
18	3-этаж.здан.подвал, =200	2	1	120	8
19	Жил.дерев.дом, =2	3	2	240	5
20	Крытые вагоны, =2	4	1	330	5
21	1 -этажный цех, =7	4	2	220	6
22	1 -этажный цех, =7	2	1	370	8
23	3-этажн.здание, =6	3	2	200	3
24	3-этажн.здание, =6	4	1	180	4
25	Жил.камен 1-эт.зд., =10	2	4	59	4
26	Жил.камен 1-эт.зд., =10	3	1	340	6
27	3-этаж.здан.подвал, =200	1	4	230	7
28	3-этаж.здан.подвал, =200	1	5	130	7

**Задача 4.**

Формированию ГО предстоит работать  $T$  часов на открытой местности, где уровни радиации на **1 час** после взрыва составили  $P_1$  рад/час. Личный состав формирования  $n$  недель тому назад получил дозу  $D_{np}$ . Определить суммарную дозу излучения, которую получит личный состав формирования при входе в очаг через  $t_2$  часов после взрыва с учетом остаточной дозы.

Вариант	$T$	$P_1$	$N$	$D_{np}$	$t_2$
1	3	70	3	20	3
2	4	60	2	30	4
3	2	80	4	40	5
4	1	90	5	50	6
5	5	100	6	60	7
6	4	90	6	50	6
7	3	80	5	40	5
8	2	70	4	30	4
9	1	60	3	20	1
10	1	50	4	60	7
11	2	40	1	50	6
12	3	30	2	40	5
13	3	25	2	30	4
14	4	120	3	20	3
15	5	130	4	15	2
16	6	90	5	35	1
17	7	80	6	55	2
18	8	70	7	75	0
19	6	60	0	95	4
20	5	50	5	55	3
21	4	100	3	40	3
22	2	70	6	20	6
23	1	80	7	60	7
24	3	100	4	50	5
25	4	60	5	40	4
26	5	50	2	30	3
27	6	30	1	20	2
28	7	25	3	15	1

### Задача 5.

Формирование ГО предстоит преодоление следа радиоактивного заражения протяженностью  $L$  км на транспортном средстве вида  $A$  со скоростью  $V$  км/час. Определить дозу излучения личного состава, если измеренные разведкой уровни радиации в точках маршрута или максимальное значение или среднее значение составили  $P_i$  или  $P_{max}$  или  $P_{cp}$  рад/час.

Вариант	$L$	$A$	$V$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_{cp}$	$P_{max}$
1	10	Автомобиль	20	10	30	240	60	30	-	-
2	20	Локомотив	30	20	60	300	50	20	-	-
3	30	Ж/д платформа	40	30	90	200	50	10-	-	-
4	10	Автомобиль	20	-	-	-	-	-	-	200
5	20	Локомотив	30	-	-	-	-	-	-	300
6	30	Ж/д платформа	40	-	-	-	-	-	-	250
7	10	Автомобиль	20	-	-	-	-	-	100	-
8	20	Локомотив	30	-	-	-	-	-	120	-
9	30	Ж/д платформа	40	-	-	-	-	-	140	-
10	10	Автомобиль	20	-	-	-	-	-	160	-
11	20	Локомотив	30	-	-	-	-	-	180	-
12	30	Ж/д платформа	40	-	-	-	-	-	200	-
13	40	Автомобиль	40	50	90	150	20	250	-	-
14	50	Локомотив	50	60	10	300	70	340	-	-
15	60	Ж/д платформа	60	70	20	330	90	230	-	-
16	70	Автомобиль	30	10	40	120	50	200	-	-
17	80	Локомотив	40	20	10	200	60	240	-	-
18	90	Ж/д платформа	50	30	40	170	90	220	-	-
19	20	Автомобиль	30	40	60	100	60	300	-	-
20	22	Автомобиль	20	50	10	150	70	200	-	-
21	30	Ж/д платформа	40	-	-	-	-	-	-	250
22	40	Локомотив	40	-	-	-	-	-	200	-
23	32	Локомотив	32	-	-	-	-	-	-	300
24	25	Автомобиль	20	30	40	100	70	200	-	-
25	33	Автомобиль	30	50	60	150	80	240	-	-
26	45	Автомобиль	20	60	70	80	70	300	-	-
27	55	Автомобиль	10	30	50	100	80	200	-	-
28	60	Ж/д платформа	50	70	60	100	60	300	-	-

#### **4. Характеристика ЧС химического характера**

Химическое производство растет - растет наравне с человеческими потребностями, наравне с увеличением производственных мощностей стран (то, что вредная химическая промышленность переехала из стран богатых в бедные проблему только усугубляет). Не менее трети всех предприятий мира имеет дело с химическими веществами - производит их или использует в своих технологических процессах. Не стоит забывать и о том, что химически опасные вещества ни на секунду не перестают перемещаться по территориям автомобильным, железнодорожным, трубопроводным транспортом.

Постоянный рост производительности обусловлен значительными экономическими преимуществами крупных установок. Как следствие, возрастает содержание опасных веществ в технологических аппаратах, что сопровождается возникновением опасностей катастрофических пожаров, взрывов, токсических выбросов и других разрушительных явлений.

**Объект народного хозяйства, при аварии на котором и при разрушении которого могут произойти выбросы в окружающую среду аварийно химически опасных веществ (АХОВ), в результате чего могут произойти массовые поражения людей, животных и растений, называют химически опасным объектом (ХОО).**

Безопасность функционирования химически опасных объектов (ХОО) зависит от многих факторов:

- физико-химические свойства сырья, полупродуктов и продуктов;
- характер технологического процесса;
- конструкция и надежность оборудования;
- условия хранения и транспортирования химических веществ;
- состояние контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации;

- эффективность средств противоаварийной защиты.

Кроме того, безопасность производства, использования, хранения и перевозок СДЯВ (сильнодействующие ядовитые вещества) в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, системы надзора за состоянием техники противоаварийной защиты.

Наличие такого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования ХОО, делает эту проблему крайне сложной. Как показывает анализ причин крупных аварий, сопровождаемых выбросом (утечкой) аварийно-химически опасных веществ (АХОВ) или СДЯВ на сегодня нельзя исключить возможность возникновения аварий приводящих к поражению людей.

Попадание опасных химических веществ в окружающую среду может произойти при производственных и транспортных авариях, при стихийных бедствиях.

### **Причины аварий:**

- нарушения техники безопасности по транспортировке и хранению ядовитых веществ;

- выход из строя агрегатов, трубопроводов, разгерметизация емкостей хранения;

- превышение нормативных запасов;

- нарушение установленных норм и правил размещения химически опасных объектов;

- выход на полную производственную мощность предприятий химической промышленности, вызванный стремлением зарубежных предпринимателей инвестировать средства во вредные производства в России;

- возрастание терроризма на химически опасных объектах;

- изношенность системы жизнеобеспечения населения;
- размещение зарубежными фирмами на территории России экологически опасных предприятий;
- ввоз из-за границы опасных отходов и захоронение их на территории России (иногда их даже оставляют в железнодорожных вагонах).

Каждые сутки в мире регистрируют около 20 химических аварий. Одна из крупнейших катастроф XX века - взрыв в 1985 году в Индии, в Бхопале на предприятии «Юнион-карбид». В результате в окружающую среду попало 45 т метилизоцианата, погибло 3 000 человек, 300 000 стали инвалидами.

Необходимо отметить, что на промышленных объектах обычно сосредоточено значительное количество различных легковоспламеняющихся веществ, в том числе СДЯВ. Кроме того, многие СДЯВ взрывоопасны, а некоторые хотя и негорючи, но представляют значительную опасность в пожарном отношении. Это обстоятельство следует учитывать при возникновении пожаров на предприятиях. Более того, сам пожар на предприятиях может способствовать выделению ядовитых различных веществ.

Поэтому при организации работ по ликвидации химически опасной аварии на предприятии и её последствий необходимо оценивать не только физико-химические и токсические свойства АХОВ, СДЯВ, но и их взрыво- и пожароопасность, возможность образования в ходе пожара новых СДЯВ и на этой основе принимать необходимые меры по защите персонала, участвующего в работах.

Для любой аварийной ситуации характерны стадии возникновения, развития и спада опасности. На ХОО в разгар аварии могут действовать, как правило, несколько поражающих факторов - пожар, взрывы, химическое заражение местности и воздуха и другие. Действие СДЯВ, АХОВ через органы дыхания чаще, чем через другие пути воздействия, приводит к поражению людей.



Из этих особенностей химически опасных аварий следует: защитные мероприятия и, прежде всего, прогнозирование, выявление и периодический контроль за изменениями химической обстановки, оповещение персонала предприятия должны проводиться с чрезвычайно высокой оперативностью. Локализация источника поступления СДЯВ, АХОВ в окружающую среду имеет **решающую роль** в предупреждении массового поражения людей. Быстрое осуществление этой задачи может направить аварийную ситуацию в контролируемое русло, уменьшить выброс СДЯВ, АХОВ и существенно снизить ущерб.

Всего в России функционирует свыше 3,3 тыс. объектов экономики, располагающих значительными количествами АХОВ (аммиак, хлор, соляная кислота и др.). На отдельных объектах одновременно может находиться от нескольких сот до нескольких тысяч тонн АХОВ. Суммарный же запас на предприятиях достигает 700 тыс. тонн. Около 70% предприятий химической промышленности и почти все предприятия нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности сосредоточены в крупных городах с населением свыше 100 тыс. человек. Общая площадь территории России, на которой может возникнуть химическое заражение, составляет около 300 тыс. км<sup>2</sup> с населением около 59 млн. человек.

#### ***4.1. Химически опасные объекты (ХОО)***

Особую опасность представляют ХОО, связанные с хранением химического оружия. Оно запрещено и подлежит уничтожению согласно международной конвенции, которая была ратифицирована Россией в 1997 году. Однако до сих пор на территории России располагаются семь баз хранения этого оружия, на которых хранится 40 тыс. тонн отравляющих веществ высочайшей поражающей способности. Эти базы представляют собой очень серьезную угрозу для всего населения России и соседних государств. Действующими правовыми документами в области химического

разоружения установлено, что обеспечение экологической безопасности является одним из самых приоритетных направлений при проведении работ по хранению химического оружия и при его уничтожении.

В регионах России, где хранится химическое оружие, осуществляется комплексное обследование окружающей среды и состояния здоровья населения. Общеизвестно, что уничтожение химического оружия остается одним из важных условий обеспечения безопасности людей и состояния окружающей природной среды.

**К ХОО** относят:

- Предприятия химической и нефтеперерабатывающей промышленности;
- Пищевой, мясомолочной промышленности, хладокомбинаты, продовольственные базы, имеющие холодильные установки, в которых в качестве хладагента используется аммиак;
- Очистные сооружения, использующие в качестве дезинфицирующего вещества хлор;
- Железнодорожные станции, имеющие пути отстоя подвижного состава с сильнодействующими ядовитыми веществами, а также станции, где производят погрузку и выгрузку СДЯВ;
- Склады и базы с запасом химического оружия или ядохимикатов и других веществ для дезинфекции, дезинсекции и дератизации;
- Газопроводы.

Опасные химические вещества хранятся и транспортируются в специальных герметически закрытых резервуарах, танках, цистернах и др. При этом в зависимости от условий хранения они могут быть в газообразном, жидком и твердом агрегатном состоянии. При аварии выброс газообразного вещества ведет к очень быстрому заражению воздуха. При разливе жидких АХОВ происходит их испарение и последующее заражение атмосферы. При взрывах твердые и жидкие вещества распыляются в воздухе,

образуя твердые (дым) и жидкие (туман) аэрозоли. Все АХОВ, заражающие воздух, проникают в организм через органы дыхания (ингаляционный путь). Многие могут вызвать поражения путем проникновения через незащищенные кожные покровы (перекутанные поражения), а также через рот (пероральные поражения при употреблении зараженной воды и пищи). При авариях на ХОО наиболее вероятны массовые ингаляционные поражения.

#### ***4.2. Характеристика и классификация аварийно химически опасных веществ (АХОВ) и сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ)***

Ядовитое сильнодействующее вещество (СДЯВ) - химическое вещество, прямое или опосредованное действие которого на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

**Аварийно химически опасное вещество (АХОВ)** - это химическое вещество, применяемое в народном хозяйстве, при аварийном выбросе которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах).

Из всех опасных химических веществ, используемых в настоящее время в промышленности (более 600 тысяч наименований), только немногим более 100 можно отнести к АХОВ, 34 из которых получили наибольшее распространение.

Способность любого аварийно химически опасного вещества (АХОВ) легко переходить в окружающую среду и вызывать массовые поражения определяется его основными физико-химическими и токсическими свойствами. Наибольшее значение из физико-химических свойств имеют агрегатное состояние, растворимость, плотность, летучесть, температура кипения, гидролиз, давление насыщенных паров, коэффициент диффузии, теплота испарения, температура замерзания, вязкость, коррозионная активность, температура вспышки и температура воспламенения и др.

Основные физико-химические характеристики наиболее распространенных АХОВ приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

**Физико-химические свойства наиболее распространенных АХОВ**

Наименование показателя	Аммиак	Гидразин	Диоксин	Оксид Углерода	Оксид этилена	Сероводород	Сернистый ангидрид	Фосген	Хлор	Цианистый водород
Агрегатное состояние (при н.у.)	газ	жидкость	Твёрдое тело	газ	Жидкость	Жидкость	газ	Жидкость	газ	Жидкость
Молекулярный вес, г	17,03	32,05	320	28,01	44,05	76,14	64,02	98,92	70,91	27,03
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	682	1003		968	887	1263	1460	1376	1557	699
Плотность пара, кг/м <sup>3</sup>	0,71	1,33	13,3	1,16	1,83	3,17	2,66	1,43	3,16	1,12
Температура кипения, °С	-33,4	113,5	-	-191,5	10,7	46,3	-10,1	8,2	-34,6	25,6
Температура плавления, °С	—	2	305	-207	-111,3	—	-72,7	-104	-100,1	-13,3
Удельная теплота испарения, кДж/кг: при температуре 20 °С,	1190,7	1236,5		373,3	554,2	377,8	361,3	231,6	253,6	978,6
	1374	1072	-	216	568	357	415	239	289	882
Удельная теплоемкость, кДж/кг	4,78	3,10	-	1,04	1,1	0,99	1,45	1,35	0,88	2,60
	4,41	3,10	-	1,04	1,1	0,97	1,32	1,01	0,95	2,60
Давление насыщенных паров	85,46	81	-	1013	1417	396	3373	1559	6906	827
Растворимость: в воде,	ос	ос	нераств.	3,5	ос	нераств.	22,8	Разлаг.	0,729	ОС
	спирт, эфир	спирт	Ди-хлор бен-	спирт	спирт, эфир	спирт, эфир	спирт	бензол, эфир, укс. к-	4-хлористый	спирт, эфир

			зол					та	углерод	
--	--	--	-----	--	--	--	--	----	---------	--

Примечание:

1. Растворимость приведена в количествах вещества насыщающих 100 грамм растворителя, для твердых и жидких веществ — в граммах, для газов - см<sup>3</sup>.

2. Знак «ос» означает неограниченную растворимость.

Для оценки токсичности АХОВ используют ряд характеристик, основными из которых являются: концентрация и токсическая доза.

**Концентрация** - количество вещества (АХОВ) в единице объема, массы (мг/л, г/кг, г/м<sup>3</sup> и т.д.).

**Пороговая концентрация**- это минимальная концентрация, которая может вызвать ощутимый физиологический эффект. При этом пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения и сохраняют работоспособность.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК)** в воздухе рабочей зоны - концентрация вредного вещества в воздухе, которая при ежедневной работе в течение 8 часов в день (41 часа в неделю) за время всего стажа работы не может вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья работающих, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

**Средняя смертельная концентрация в воздухе** - концентрация вещества в воздухе, вызывающая гибель 50% пораженных при 2-, 4-часовом ингаляционном воздействии. **Токсическая доза** - это количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект.

**Токсическая доза** определяется как произведение концентрации химически опасного вещества в данном месте зоны химического заражения на время пребывания человека в этом месте без средств защиты.

**Ядом** называют химический компонент среды обитания, поступаю-

щий в организм в количестве (качестве), не соответствующем врожденным или приобретенным свойствам организма, и поэтому несовместимый с жизнью. *Действие ядов* на организм может быть как общетоксическим, так и специфическим.

Токсический эффект при действиях различных доз и концентраций АХОВ может проявиться функциональными и структурными (патоморфологическими) изменениями, т.е. токсичность проявляется в виде пороговых доз и концентраций. Но результатом может быть и гибель организма в случае смертельных концентраций.

Смертельные (летальные) дозы DL при введении в организм (или смертельные концентрации CL) могут вызвать единичные случаи гибели или гибель всех организмов. В качестве показателей токсичности используют среднесмертельные дозы и концентрации (DL50, CL50). Среднесмертельная концентрация вещества в воздухе - это концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при 2-4часовом ингаляционном воздействии ( $\text{мг/м}^3$ ). Среднесмертельная доза при введении в желудок ( $\text{мг/кг}$ ) обозначается как DL50ж, при нанесении на кожу - DL50К.

Характер воздействия вредных веществ на организм и общие требования безопасности регламентируются ГОСТ 12.0.003 - 74, который подразделяет вещества на:

- токсические, вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы (ЦНС, кроветворения), вызывающие патологические изменения печени, почек;
- раздражающие, вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов;
- сенсibilизирующие, действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки на основе нитро - и нитрозосоединений);
- мутагенные, приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изо-

топы);

– канцерогенные, вызывающие злокачественные новообразования (циклические амины, ароматические углеводороды, хром, никель, асбест);

– влияющие на репродуктивную (детородную) функцию (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы).

Классификация АХОВ, СДЯВ осуществляется:

– по степени воздействия на организм человека (табл. 4.3);

– по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации по характеру воздействия на организм человека (табл. 4.2);

– по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения (табл. 4.1);

– по тяжести воздействия на основании учета нескольких важнейших факторов (табл. 4.4);

– по способности к горению.

Таблица 4.2

**Классификация АХОВ, СДЯВ по степени воздействия на организм человека.**

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, <b>мг/куб.м</b>	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, <b>мг/кг</b>	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, <b>мг/кг</b>	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, <b>мг/куб.м</b>	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления ( <b>КВИО</b> )	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Как видно из таблицы 4.2 по степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

1-й - вещества чрезвычайно опасные (**ЧО**);

2-й - вещества высокоопасные (**ВО**);

3-й - вещества умеренно опасные (**УО**);

4-й - вещества малоопасные (**МО**).

Таблица 4.3

**Классификация АХОВ, СДЯВ по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации, по характеру воздействия на организм человека.**

№ п/п	Наименование группы	Характер действия	Наименование АХОВ
1	Вещества с преимущественно удушающим действием	Воздействуют на дыхательные пути человека	Хлор, фосген, хлорпикрин
2	Вещества преимущественно общеядовитого действия	Нарушают энергетический обмен	Оксись углерода, цианистый водород, динитрофенол, этиленхлоргидрин
3	Вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием	Вызывают отек легких при ингаляционном воздействии и нарушают энергетический обмен при резорбции	Акрилонитрил, азотная кислота, окислы азота, сернистый ангидрид, фтористый водород, сероводород.
4	Нейротропные яды	Действуют на генерацию, проведение и передачу нервного импульса	Сероуглерод, тетраэтилсвинец, фосфорорганические соединения.
5	Вещества, обладающие удушающими нейротропным действием	Вызывают токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы	Аммиак, гептил, гидразин и др.
6	Метаболические яды	Нарушают процессы метаболизма вещества в организме (обмен веществ)	Оксись этилена, дихлорэтан, диметилсульфат, метилхлорид, доксин.



Таблица 4.4

**Классификация АХОВ, СДЯВ по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения**

Группа	Характеристики	Типичные представители
1	Жидкие летучие, хранимые в емкостях под давлением (сжатые и сжиженные газы)	Хлор, аммиак, сероводород, фосген и др.
2	Жидкие летучие, хранимые в емкостях без давления	Синильная кислота, нитрил акриловой кислоты, тетраэтилсвинец, дифосген, хлорпикрин и др.
3	Дымящие кислоты	Серная, ( $p > 1,87$ ), ( $p > 1,15$ ) и др. азотная ( $p > 1,4$ ), соляная
4	Сыпучие и твердые нелетучие при хранении до 40°C	Сулема, фосфор жёлтый, мышьяковый ангидрид и др.
5	Сыпучие и твердые летучие при хранении до 40° С	Соли синильной кислоты, меркураны и др.

Значительная часть АХОВ является легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами, что часто приводит к возникновению пожаров и взрывов в случае разрушений емкостей, а также образованию в результате горения новых токсических соединений.

По способности к горению все АХОВ, СДЯВ делятся на группы:

- негорючие (фосген, диоксин и др.). Вещества данной группы не горят в условиях нагревания до 900°C и концентрации кислорода до 21 %;
- негорючие пожароопасные вещества (хлор, азотная кислота, фтористый водород, окись углерода, сернистый ангидрид, хлорпикрин и др. термически нестойкие вещества, ряд сжиженных и сжатых газов), которые не горят в условиях нагревания до 900°C и концентрации кислорода до 21%, но разлагаются с выделением горючих паров;
- трудногорючие вещества (сжиженный аммиак, цианистый водород и др.), способные возгораться только при действии источника огня;
- горючие вещества (акрилонитрил, амил, газообразный аммиак,

гептил, гидразин, дихлорэтан, сероуглерод, тертраэтилсвинец, окислы азота и т.д.), способные к самовозгоранию и горению даже после удаления источника огня.

Сжиженные АХОВ, СДЯВ на объектах экономики содержатся в стандартных емкостных элементах. Это могут быть алюминиевые, железобетонные, стальные или комбинированные резервуары, в которых поддерживаются условия, соответствующие заданному режиму хранения.

Наземные резервуары на складах располагаются, как правило, группами с одним резервным резервуаром на группу. Вокруг каждой группы резервуаров по периметру предусматривается замкнутое обвалование или ограждающая стенка. У некоторых отдельно стоящих больших резервуаров могут быть поддоны или подземные железобетонные резервуары.

Твердые АХОВ, СДЯВ хранят в специальных помещениях или на открытых площадках под навесами.

На близкие расстояния АХОВ, СДЯВ перевозят автотранспортом в баллонах, контейнерах (бочках) или автоцистернах.

Из широкого сортамента баллонов средней емкости для хранения и перевозки жидких АХОВ, СДЯВ наиболее часто используются баллоны емкостью от 0,016 до 0,05 м. Емкость контейнеров (бочек) варьируется в пределах от 0,1 до 0,8 м<sup>3</sup>. Автоцистерны используются в основном для перевозки аммиака, хлора и гептила. Стандартный аммиаковоз имеет грузоподъемность 3,2; 10 и 16 т. Жидкий хлор транспортируют в автоцистернах вместимостью до 20 т, гептил - до 30 т.

По железной дороге АХОВ, СДЯВ перевозят в баллонах, контейнерах (бочках) и цистернах. Баллоны перевозятся, как правило, в крытых вагонах, а контейнеры (бочки) - на открытых платформах, в полувагонах и в универсальных контейнерах МПС. В крытом вагоне баллоны размещены рядами в горизонтальном положении до 250 штук.

В открытом полувагоне контейнеры устанавливают в вертикальном

положении рядами (до 3 рядов) по 13 контейнеров в каждом ряду. На открытой платформе контейнеры перевозят в горизонтальном положении (до 15 штук). Железнодорожные цистерны для перевозки АХОВ могут иметь объем котла от 10 до 140 м<sup>3</sup> грузоподъемностью от 5 до 120 т.

Водным транспортом большинство АХОВ, СДЯВ перевозится в баллонах и контейнерах (бочках), однако ряд судов оборудован специальными резервуарами (танками) вместимостью до 10 000 тонн.

При авариях на ХОО в зону химического заражения могут попасть обширные территории с большим количеством проживающего на них населения. Если более 10% населения административно-территориальной единицы (АТЕ) России по прогнозу попадает в зону возможного химического заражения, то такая АТЕ считается химически опасной. При этом **зоной химического заражения** является территория, в пределах которой распространены или куда привнесены СДЯВ в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

#### ***4.3. Особенности возникновения и развития аварий на химически опасных объектах***

Теоретически любое химическое вещество может находиться в 3-фазовых состояниях: жидкость, газ (пар) и твердое состояние. Взаимосвязь между этими фазовыми состояниями отражается на диаграмме фазового состояния.

При большой температуре вещество может находиться только в газообразном состоянии. Газовая фаза имеет подфазу, именуемую паровой.

В зависимости от соотношения критической температуры, температуры внешней среды и условий хранения все АХОВ можно разделить на 4 основные группы.

I группа. Вещества имеющие критическую температуру намного ни-

же температуры окружающей среды (метан, кислород, этилен и др.). Вещества данной группы в больших количествах хранятся на объектах экономики при температурах ниже критических. При разгерметизации емкостей с жидкостями данной категории незначительная часть жидкости (около 5 %) «мгновенно» испарится за счет тепла поддона и окружающей среды, образуя первичное облако паров АХОВ. Оставшаяся часть жидкости перейдет в режим стационарного кипения.

Скорость кипения (скорость образования вторичного облака) является функцией подвода тепла от окружающей среды и некоторых физико-химических свойств АХОВ. Наиболее опасные источники поражающих факторов в данном случае - вторичное облако паров АХОВ, а в некоторых случаях - пожары и взрывы.

В случае разгерметизации емкостей с данной группой АХОВ, хранящихся в газообразном состоянии, практически все содержимое емкости образует первичное облако. Опасность поражающего действия первичного облака в данном случае зависит не только от типа, количества, физико-химических и токсических характеристик АХОВ, но и от степени разрушения емкостей и метеоусловий. Наиболее опасные поражающие факторы в данном случае - первичное облако паров АХОВ, а в некоторых случаях - пожары и взрывы.

II группа. Вещества у которых критическая температура выше, а температура кипения ниже температуры окружающей среды (аммиак, хлор и др.). При разгерметизации емкостей с жидкостями данной категории процесс образования газовых облаков зависит от условий хранения АХОВ.

Если АХОВ хранятся в жидкой фазе в емкости под высоким давлением и при температуре выше температуры кипения, но ниже температуры окружающей среды, то при разгерметизации емкости часть АХОВ (10-40%) «мгновенно» испарится, образуя первичное облако паров АХОВ, а оставшаяся часть будет испаряться постепенно за счет тепла окружающей

среды, образуя вторичное облако паров АХОВ. Наибольшую опасность в данном случае будет представлять первичное облако паров АХОВ за счет того, что процесс его образования протекает очень интенсивно (и течение 5-10 мин.) с разбрызгиванием значительной части жидкости в виде пены и капель, образованием первичных тяжелых облаков АХОВ. При этом возможны взрывы пожароопасных аэрозолей. Оставшаяся часть жидкой фазы АХОВ охладится до температуры кипения и перейдет в режим стационарного кипения аналогично АХОВ первой группы.

Если АХОВ хранятся в изотермических хранилищах при температуре хранения ниже температуры кипения, то в случае разгерметизации емкости первоначального испарения значительной части жидкости не наблюдается. В первичное облако переходит только 3-5% от общего количества АХОВ. Оставшаяся часть жидкости перейдет в режим стационарного кипения. Наиболее опасные поражающие факторы в данном случае - вторичное облако паров АХОВ, переохлаждение, а в некоторых случаях - пожары и взрывы.

III группа. Вещества, у которых критическая температура и температура кипения выше температуры окружающей среды, т.е. вещества, хранящиеся при атмосферном давлении в жидкой или твердой фазе (тетраэтилсвинец, диоксин, кислоты и т.д.). В данном случае при разрушении емкостей происходит разлив (рассыпание) АХОВ. Первичное облако паров АХОВ практически отсутствует, однако существует опасность поражения людей вторичным газовым облаком (облаком пыли), загрязнения почвы и водоисточников.

IV группа. Вещества, относящиеся к III группе, но находящиеся при повышенных температуре и давлении. При разрушении емкостей с АХОВ в данном случае процесс образования газовых облаков происходит аналогично, как для веществ II группы в случае хранения их под высоким давлением и температуре выше температуры кипения, но ниже температуры

окружающей среды. Однако вследствие быстрой передачи тепла первичным облаком в окружающую среду, а также с учетом физико-химических свойств АХОВ, они будут постоянно конденсироваться и оседать на местности в виде пятен по следу распространения облака в атмосфере. В последующем возможно их повторное испарение и перенос (миграция) на значительные расстояния от места первоначального осадения.

Наиболее сложно протекает процесс испарения у второй группы веществ, хранящихся при повышенном давлении. Весь процесс испарения жидкости при разрушении емкости в данном случае можно условно разделить на 3 периода.

Первый период - бурное, почти мгновенное испарение жидкости за счет разности упругости давления насыщенных паров АХОВ в емкости и парциального давления в атмосфере. В результате температура жидкой фазы понижается до температуры кипения. Продолжительность первого периода составляет до 3-5 минут.

Второй период - неустойчивое испарение за счет тепла поддона и тепла окружающей среды. Продолжительность второго периода может достигать до 5-10 мин.

Третий период - стационарное испарение АХОВ за счет подвода тепла от окружающей среды. Продолжительность третьего периода зависит от физико-химических свойств АХОВ, его количества, метеоусловий и может достигать до нескольких суток.

Часть жидкости, перешедшая в паровую фазу в первый и второй периоды испарения, образует первичное облако паров АХОВ, а в третий период - вторичное облако. Наиболее опасным периодом аварии в данном случае является первый период. Образующийся в этот период аэрозоль в виде тяжелых облаков моментально поднимается вверх, а затем под действием собственной силы тяжести опускается на грунт. При этом облако совершает неопределенные движения, которые трудно предсказуемы.

В случае разрушения оболочки изотермического резервуара (хранение АХОВ при давлении близком к атмосферному) и разлива АХОВ в поддон первый период испарения практически отсутствует. В результате в первичное облако переходит всего около 3-5% хранимой жидкости (за счет тепла поддона и окружающей среды) и течение 5-10 мин. В случае свободного разлива количество АХОВ, перешедшее в первичное облако, будет зависеть еще и от площади разлива. Оставшаяся часть жидкости перейдет в режим стационарного кипения, аналогично рассмотренному ранее.

В случае разрушения оболочек высококипящих жидкостей образование первичного облака паров практически не происходит. Испарение жидкости осуществляется по стационарному процессу и зависит от физико-химических свойств АХОВ, его количества и метеоусловий, площади зеркала разлива и т.д.

**Химическая авария** - это авария на химически опасном объекте, сопровождающимся проливом или выбросом СДЯВ, способная привести к гибели или химическому заражению людей, сельскохозяйственных животных и растений, химическому заражению окружающей природной среды. **Выброс СДЯВ** - выход при разгерметизации за короткий промежуток времени из технологических установок, емкостей для хранения или транспортирования СДЯВ в количестве, способном вызвать химическую аварию.

**Пролив СДЯВВ** - вытекание при разгерметизации из технологических установок, емкостей для хранения или транспортировки СДЯВ в количестве, способном вызвать химическую аварию.

**Очаг поражения АХОВ** - это территория, в пределах которой в результате воздействия АХОВ произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных, растений.

Основными источниками опасности в случае аварий на химически опасных объектах являются:

– залповые выбросы АХОВ в атмосферу с последующим заражением

воздуха, местности и водоисточников;

- сброс АХОВ в водоемы;
- «химический» пожар с поступлением АХОВ и продуктов их горения в окружающую среду;
- взрывы АХОВ, сырья для их получения или исходных продуктов;
- образование зон задымления с последующим осаждением АХОВ, в виде «пятен» по следу распространения облака зараженного воздуха, возгонкой и миграцией.

Каждый из указанных выше источников опасности (поражения) по месту и времени может проявляться отдельно, последовательно или в сочетании с другими источниками, а также многократно повторен в различных комбинациях. Все зависит от физико-химических характеристик АХОВ, условий аварии, метеоусловий и особенностей местности.

Таким образом, в случае возникновения аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ очаг химического поражения будет иметь следующие особенности:

1. Образование облаков паров АХОВ и их распространение в окружающей среде являются сложными процессами, которые определяются диаграммами фазового состояния АХОВ, их основными физико-химическими характеристиками, условиями хранения, метеоусловиями, рельефом местности и т.д., поэтому прогнозирование масштабов химического заражения (загрязнения) весьма затруднено.

2. В разгар аварии на объекте действует, как правило, несколько поражающих факторов: химическое заражение местности, воздуха, водоемов; высокая или низкая температура; ударная волна, а вне объекта - химическое заражение окружающей среды.

3. Наиболее опасный поражающий фактор - воздействие паров АХОВ через органы дыхания. Он действует как на месте аварии, так и на больших расстояниях от источника выброса и распространяется со скоро-



стью ветрового переноса АХОВ.

4. Опасные концентрации АХОВ в атмосфере могут существовать от нескольких часов до нескольких суток, а заражение местности и воды - еще более длительное время.

5. Летальный исход зависит от свойств АХОВ, токсической дозы и может наступать как мгновенно, так и через некоторое время (несколько дней) после отравления.

Зона заражения АХОВ отличается большой подвижностью границ и изменчивостью концентрации, практически в любой части зоны химического заражения (ЗХЗ) могут произойти поражения людей.

Глубина распространения зараженного воздуха зависит от количества выброса (вылива) АХОВ и условий формирования ЗХЗ (скорости ветра, степени устойчивости воздуха). Наиболее благоприятными условиями формирования зоны максимальных размеров являются инверсионные токи воздуха при скорости ветра 3-4 м/сек.

Продолжительность поражающего действия АХОВ в зоне зависит от его свойств, температуры воздуха и почвы, определяющих степень вертикальной устойчивости атмосферы. Продолжительность химического заражения определяется временными пределами проявления последствий аварии.

Размеры зоны химического заражения и продолжительность опасного заражения определяются с помощью «Справочника по оценке химической обстановки».

В зависимости от степени химической опасности аварии на ХОО подразделяются:

- на аварии I степени, связанные с возможностью массового поражения производственного персонала и населения близлежащих районов;
- на аварии II степени, связанные с поражением только производственного персонала ХОО;

– на аварии химически безопасные, при которых образуются локальные очаги поражения АХОВ, не представляющие опасности для человека.

#### ***4.4. Правила безопасности на ХОО и меры по предупреждению аварий.***

ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ - это условие, при котором исключается или максимально ослабляется вредное воздействие СДЯВ, АХОВ она достигается проведением комплекса мероприятий, ограничивающих уровни загрязнения окружающей среды, использованием средств и способов защиты от этих загрязнений.

Уменьшение опасности - комплекс мер по минимизации последствий, обусловленных потерей герметичности ёмкостей или взрывах.

Направления химической безопасности:

*Во-первых*, применение технических мер для сохранения герметичности, наличие приборов, определяющих концентрацию токсичных веществ, усиление конструкций здания и сооружений для обеспечения устойчивости при авариях.

*Во-вторых*, частично технические и частично организационные, включающее разработку конкретного плана ГО и плана ликвидации аварии на территории объекта и за его пределами в опасной зоне.

*В-третьих*, использование экологически чистых, безопасных технологий, применение административных инженерно-технических мер, обеспечивающих высокую надёжность оборудования и установок, нормирование размещения потенциально опасных производств для хранилищ с учетом возможных аварий и разрушений.

Эффективным способом уменьшения последствий аварии и разрушений ХОО является снижение запасов токсичных веществ до минимально необходимых по технологии, особенно на этапах погрузки, разгрузки,

работ в хранилищах сырья и готовой продукции.

Стабильность эксплуатации ХОО должна быть обеспечена надёжностью энергоснабжения, внедрения систем безаварийной остановки потенциально опасных производств.

Для повышения устойчивости хранилищ к воздействию ударной волны, взрывов могут использоваться их обваловка, заглубление в грунт или размещение под землей.

Для предотвращения распространения в горизонтальном направлении химических облаков используются устройства, создающие паровые, водяные и воздушные завесы. Наиболее эффективными считаются паровые и водяные завесы с вертикальным и горизонтальным направлением струи в сторону облака. В системе защитных мероприятий от СДЯВ особое место отведено вопросу обеспечения средствами индивидуальной и коллективной защиты персонала, формирований ГО ХОО и окрестного населения, расположенного в потенциально опасной зоне, так как эти средства являются материальной основой системы защиты.

Особенностью химически опасных аварий является высокая скорость формирования и действия поражающих факторов, что вызывает необходимость принятия оперативных мер защиты. В связи с этим защита от СДЯВ, АХОВ организуется по возможности заблаговременно а при возникновении аварии проводится в минимально возможные сроки. Защита от СДЯВ, АХОВ представляет собой комплекс мероприятий, осуществляемых в целях исключения или максимального ослабления поражения персонала и сохранения его трудоспособности.

Комплекс мероприятий по защите от СДЯВ (АХОВ) включает:

- инженерно-технические мероприятия по хранению и использованию СДЯВ;
- подготовку сил и средств для ликвидации химически опасных аварий;

- обучение их порядку и правилам поведения в условиях возникновения аварий;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты;
- повседневный химический контроль;
- прогнозирование зон возможного химического заражения;
- предупреждение (оповещение) о непосредственной угрозе поражения СДЯВ;
- временную эвакуацию из угрожаемых районов;
- химическую разведку района аварии;
- поиск и оказание медицинской помощи пострадавшим;
- локализацию и ликвидацию последствий аварии

Объём и порядок осуществления мероприятий по защите во многом зависят от конкретной обстановки, которая может сложиться в результате химически опасной аварии, наличие времени, сил и средств для осуществления мероприятий по защите и других факторов.

Прежде всего, защита от СДЯВ организуется и осуществляется непосредственно на ХОО, где основное внимание уделяется мероприятиям по предупреждению возможных аварий. Они носят как организационный, так и инженерно-технический характер и направлены на выявление и устранение причин аварий, максимальное снижение возможных разрушений и потерь, а также на создание условий для своевременного проведения локализации ликвидации возможных последствий аварии.

Все эти мероприятия отражаются в плане защиты объекта от СДЯВ, который разрабатывается заблаговременно с участием всех главных специалистов объекта. План разрабатывается, как правило, текстуально с приложением необходимых схем, указывающих (поясняющих) размещение объекта, сил и средств ликвидации последствий аварии, их организацию и т.д. Он состоит из нескольких разделов и определяет подготовку объекта к

защите от СДЯВ и порядок ликвидации последствий аварии.

Планом предусматривается также мероприятия по устранению аварий на каждом участке, имеющем АХОВ, с указанием ответственных исполнителей из руководящего состава объекта привлекаемых сил и средств, их задач и отводимого на выполнение работ времени. По мере необходимости план защиты объекта от СДЯВ корректируется. Следует отметить, что эффективность перечисленных мероприятий защиты от СДЯВ во многом зависит от степени подготовки к защите сил и средств ликвидации последствий аварии. На ХОО заблаговременно создаются локальные системы оповещения персонала объектов.

Несанкционированные выбросы (выливы) характеризуются частичным или полным разрушением технологического оборудования систем аварийной защиты, оболочек резервуаров. Они могут сопровождаться пожарами и взрывами газо- и пылевоздушных смесей, вызывающими разрушения оборудования и повреждение соседних объектов.

При разрушении резервуаров (ёмкостей) под давлением весь процесс испарения (условно) можно разделить на следующие три фазы:

первая - бурное, почти мгновенное (60-90 °С) испарение вследствие разности давления насыщенных паров СДЯВ в ёмкости, парциального давления в воздухе. Этот процесс обеспечивает основное количество паров АХОВ, поступающих в первичное облако:

вторая - неустойчивое испарение, характеризующееся резким падением скорости испарения;

третья - устойчивое испарение. Ее продолжительность в зависимости от типа СДЯВ, его количества и внешних условий может составлять часы, сутки и более (по опыту от 3 до 40 ч.).

В связи с быстротечностью поражающего действия АХОВ основным оперативным методом выявления химической обстановки является прогнозирование. Итак, первым мероприятием в системе защиты персонала и

населения в аварийной ситуации принято считать прогнозирование аварийной химической обстановки и оповещение людей об опасности поражения. Вторым в логической последовательности и по степени важности мероприятия является использование средств и способов индивидуальной защиты.

#### ***4.5. Прогнозирование аварийной химической обстановки***

**Под прогнозированием масштаба заражения АХОВ** понимается определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.

**Зона заражения АХОВ** - территория, на которой концентрация АХОВ достигает значения опасных для жизни людей пределов.

Для оценки химической обстановки необходимы также понятия первичного и вторичного облака.

**Первичное облако АХОВ** - облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин.) перехода в атмосферу части АХОВ из ёмкости при ее разрушении.

**Вторичное облако АХОВ** - облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

На глубину распространения СДЯВ и на их концентрацию в воздухе значительно влияет вертикальные потоки воздуха. Их направление характеризуется степенью вертикальной устойчивости атмосферы. Различают 3 степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию, изотермию и конвекцию.

**Инверсия** - это повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты. Инверсии чаще всего образуются в приземном слое воздуха в безветренные ночи в результате интенсивного излучения тепла земной поверхностью, что приводит к охлаждению как самой поверхности, так и прилегающего слоя воздуха.

Инверсионный слой является задерживающим в атмосфере, пре-

пятствует движению воздуха по вертикали, вследствие чего под ним накапливаются водяной пар, пыль, а это способствует образованию дыма и тумана. Инверсия препятствует рассеиванию воздуха по высоте и создает наиболее благоприятные условия для сохранения высоких концентраций АХОВ.

**Изотермия** - характеризуется стабильным равновесием воздуха. Она наиболее типична для пасмурной погоды, но может возникнуть и в утренние и в вечерние часы. Изотермия так же, как и инверсия, способствует длительному застою паров АХОВ на местности.

**Конвекция** - это вертикальное перемещение воздуха с одних высот на другие. Воздух более тёплый перемещается вверх, а более холодный и плотный - вниз. При конвекции наблюдаются восходящие потоки воздуха, рассеивающие зараженное облако. Отмечается конвекция в летние ясные дни.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ включает в себя:

- 1) определение размеров и площади зоны химического заражения и количественных характеристик выброса АХОВ
- 2) определение времени подхода зараженного воздуха к определенному рубежу (объекту);
- 3) определение времени поражающего действия АХОВ
- 4) Определение границ возможных очагов химического поражения;
- 5) Определение возможных потерь людей в очаге химического поражения.

Исходными данными для прогнозирования последствий химической аварии служат:

- характеристики объекта (предприятия, хранилища, транспортного средства);
- сведения о соседних объектах, которые могут оказаться в районе и

зонах распространения АХОВ; метеорологические условия;

– топографические особенности местности, архитектурной застройки соседних крупных населенных пунктов.

К характеристикам объекта относятся: место и время аварии; тоннаж емкостей хранения (транспортировки); способ хранения АХОВ.

#### ***4.6. Определение размеров, площади зоны химического заражения (ЗХЗ) и количественных характеристик выброса АХОВ***

Количественные характеристики выброса АХОВ для расчёта масштабов заражения определяется по их эквивалентным значениям. Эквивалентное количество вещества по первичному облаку (в тоннах) определяется по формуле:

$$Q_I = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_D \quad (4.1)$$

где  $Q_D$  - количество выброшенного (разлившегося) при аварии вещества;

$K_1$  - коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (для сжатых газов  $K_1=1$ ) (определяется по табл. 4.5);

$K_3$  - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы данного АХОВ к пороговой токсодозе другого АХОВ (табл. 4.5);

$K_5$  - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха: принимается равным для инверсии - 1, для изотермии - 0,23, для конвекции - 0,08;

$K_7$  = коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха (табл. 4.5). Для сжатых газов  $K_7=1$ .

Формула справедлива при глубине распространения первичного облака до 15-20 км в случае аварийных выбросов от одиночных или группы близко расположенных ёмкостей.

При авариях в хранилищах сжатого газа  $Q_D$  рассчитывается по формуле:

$$Q_D = d \cdot V_x, \quad (4.2)$$



где  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (табл. 4.5),

$V_x$  – объём хранилища, м<sup>3</sup>.

При авариях на продуктопроводах выброс АХОВ принимается равным количеству АХОВ, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекателями (напр., для аммиакапровода – от 275 до 500 т.)

Таблица 4.5.

Значения вспомогательных коэффициентов для расчёта глубины зоны поражения.

№ п/п	АХОВ	Плотность АХОВ т/м3		Температура кипения С.	Пороговая токсодоза мг мин/л	Значение вспомогательных коэффициентов.							
		Газ	Жид- кость			К1	К2	К3	К7				
									-400	-200	00	200	400
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Акролеин	-	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	3	0,1	0,2	0,4	1	2,2
2	Аммиак: хранение под дав- лением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
	изотермическое хранение	-	0,681	-33.42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
3	Анетонитрид	-	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,2	0,1	0,3	1	2,6
4	Ацетонциангидрин	-	0,932	120	1,9*	0,06	0,004	0,316	0	0	0,3	1	1,5
5	Диметиламин	0,002	0,68	6,8	1,2*	0,13	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	0,5/1
6	Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,04	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,3/1	1/1	1,8/1
		-	0,699	3,6	1,2*	0,125	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1
		0,0023	0,983	-32,76	10,8*	0	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1
7	Метилакрилат	-	0,953	80,2	6*	0,06	0,005	0,1	0,1	0,2	0,4	1	3,1
8	Метилмеркаптан	-	0,687	5,95	1,7*	0	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	0,4/1
9	Нитрил акри- ловой кислоты	-	0,866	77,3	0,75	0	0,007	0,8	0,04	0,1	0,4	1	2,4
10	Оксиды азота	-	1,491	21	1.5	0,05	0,04	0,4	0	0	0,4	1	1

Продолжение таблицы 4.5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
11	Оксид этилена	-	0,882	10,7	2,2*	0,27	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
12	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16.1	0,11	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
13	Сернистый антигид- рид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0	0,0049	0,333	0,02	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1
14	Сероуглерод	-	1,263	46.2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
15	Соляная кислота (концентрированная)	-	1,198	-	2	0,07	0,021	0,3	0	0,1	0,3	1	1,6
16	Триметиламин	-	0,671	2.9	6*	0	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0,09	1/1	2/2,1
17	Формальдегид	-	0,815	-19	0,6*	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
18	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
19	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
20	Хлор	0,0032	1,553	-34,1	0,6	0,18	0,053	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
21	Хлорпикрин	-	1,658	112.3	0,02	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1	2,9
22	Хлорциан	0,0021	1,22	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
23	Этиленимин	-	0,838	55	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
24	Этиленсульфит	-	1,005	55	0,1*	0	0,013	6	0,05	0,1	0,4	1	2,2

Таблица 4.6

## Характеристики АХОВ

№ п/п	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м <sup>3</sup>		Температура кипения, С°	Пороговая токсодоза <i>мг, мин</i> <i>л</i>	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жидкость			К1	К 2	К 3	К 7				
									для -40 С°	для - 20 С°	для 0С°	для 20С°	для 40С°
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Акролеин	-	0,839	52,7	0,2	0	0,013	3	0,1	0,2	0,4	1	2,2
2	Аммиак: хранение под давлением изотермическое хранение	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
		-	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1
3	Анетонитрил	-	0,786	81,6	21,6	0	0,004	0,028	0,2	0,1	0,3	1	2,6
4	Водород циан- истый	-	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1	1,3
5	Оксиды азота	-	1,491	21	1.5	0	0,04	0,4	0	0	0,4	1	1
6	Оксид этилена	-	0,882	10,7	2,2	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1
7	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16.1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
8	Сероуглерод	-	1,263	46.2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
9	Триметиламин	-	0,671	2.9	6	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0,09	1/1	2/2,1
10	Формальдегид	-	0,815	-19	0,6	0,19	0,034	1	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
11	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
12	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2	0,95	0,038	3	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
13	Хлор	0,0032	1,553	-34,1	0,6	0,18	0,053	1	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
14	Хлорпикрин	-	1,658	112.3	0,02	0	0,002	30	0,03	0,1	0,3	1	2,9
15	Хлорциан	0,0021	1,22	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
16	Этиленимин	-	0,838	55	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2

Примечание к табл. 4.6: в графиках 10-14 значение  $K_7$  в числителе для *первичного облака*, в знаменателе – для *вторичного облака*.

Эквивалентное количество вещества по вторичному облаку рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot Q_D / (h \cdot d), \quad (4.3)$$

где  $K_2$ - коэффициент, зависящий от физико- химических свойств АХОВ (табл. 4.1);

$K_4$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра. Данные по  $K_4$  приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7

#### Значения коэффициента $K_4$ .

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
$K_4$	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

$K_6$  - коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии -  $N$ . Значение коэффициента  $K_6$  определяется после расчета продолжительности испарения  $t_u$ .

$$K_6 = N^{0,8} \text{ при } N < t_u.$$

$$K_6 = t_u^{0,8} \text{ при } N \geq t_u; \text{ при } t_u < 1 \text{ час } K_6 \text{ принимается для } 1 \text{ часа.}$$

$h$  – толщина слоя АХОВ, м.  $d$  – плотность АХОВ, т/м<sup>3</sup> (табл. 4.1)

Один из главных показателей, характеризующих масштабы заражения при авариях на ХОО – глубина зоны заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ. Она определяется расчетами с использованием табличных данных и аналитических соотношений.

Расчет глубины зоны заражения ведется с использованием данных таблиц 4.1 – 4.9. В табл. 4.9 приведены максимальные значения глубины зоны заражения первичным ( $G_1$ ) и вторичным ( $G_2$ ) облаком АХОВ, определяемые в зависимости от эквивалентного количества вещества и скорости ветра. Полная глубина зоны заражения  $G$ , км, обусловленная воздействием первичного и вторичного облака

АХОВ, определяется  $G = G' + 0,5 G''$ , где  $G'$  - наибольший,  $G''$  - наименьший размер  $G_1$  и  $G_2$ . Полученное значение сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс  $G_u$  определяемым по формуле

$$G_u = N \cdot v, \quad (4.4)$$

где  $N$  - время от начала аварии, ч;

$v$  - скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости атмосферы, км/ч (табл.4.7).

За окончательную глубину заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений.

Зона возможного заражения от облака **АХОВ** на картах (схемах) ограничена окружностью, полуокружностью или периметром сектора, имеющего угловые размеры  $\varphi$ . Радиус равен глубине зоны заражения  $G$ . Угловые размеры сектора (зоны) в зависимости от скорости ветра приведены в табл. 4.8.

Зона фактического заражения, имеющая форму эллипса, включается в зону возможного заражения. Ввиду того, что под действием ветра облако АХОВ может перемещаться, фиксированное изображение зоны фактического заражения на карты (схемы) не наносится.

При скорости ветра меньше 0,5 м/с зона заражения имеет вид круга. Точка "О" соответствует местоположению источника заражения; угол  $\varphi = 360^\circ$ ; радиус круга равен  $G$  (рис.4.1 а). При скорости ветра 0,5 - 1 м/с зона заражения имеет вид полукруга. Точка "О" соответствует местоположению источника заражения; угол  $\varphi = 180^\circ$ ; радиус полукруга равен  $G$ ; биссектриса угла совпадает с осью следа облака и с направлением ветра (рис. 4.1 б). При скорости ветра больше 1 м/с зона заражения имеет вид сектора;  $\varphi = 90^\circ$  ( $v_{\text{в}} = 1,1 - 2$  м/с) или  $\varphi = 45^\circ$  ( $v_{\text{в}} > 2$  м/с); радиус сектора равен  $G$ ; биссектриса совпадает с осью следа облака и с направлением ветра (рис. 4.1. в).

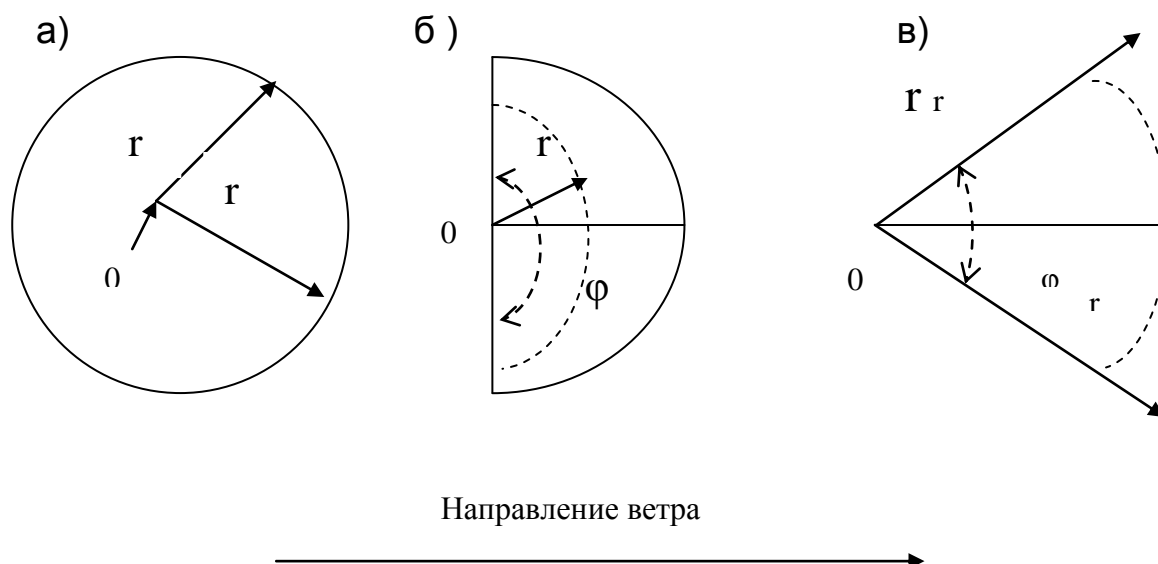


Рис. 4.1. Схема нанесения на карту зон возможного заражения от облака АХОВ

Таблица 4.7.

**Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха  $v$  в зависимости от скорости ветра, км/ч**

Степень вертикальной устойчивости атмосферы	Скорость ветра, м/с															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Инверсия	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88	-
Конвекция	7	14	21	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 4.8

**Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ в зависимости от скорости ветра**

$v_{\text{в}}, \text{ м/с}$	0,5	0,6- 1	1,1 -2	>2
$\varphi$ , град	360	180	90	45

Площадь зоны возможного заражения  $S_{\text{в}}$  для первичного (вторичного) облака АХОВ определяется по формуле

$$S_{\text{в}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \Gamma^2 \varphi, \quad (4.5)$$

где  $S_{\text{в}}$  - площадь зоны возможного заражения АХОВ, км<sup>2</sup>;  $\Gamma$  - глубина зоны заражения, км;  $\varphi$  - угловые размеры зоны возможного заражения, град (табл.4.8).

Площадь зоны фактического заражения  $S_{\text{ф}}$ , км<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле

$$S_{\text{ф}} = K_8 \Gamma^2 N^{0.2}, \quad (4.6.)$$

где  $K_8$  - коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы (принимается равным: 0,81 – при инверсии, 0,133 – при изотермии, 0,235 – при конвекции);  $N$  – время, прошедшее после начала аварии, ч.



Таблица 4.9.

**Глубина зоны заражения, км**

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество СДЯВ, т																	
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1 и ме- нее	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,2	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	363	572
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94	15,18	20,59	25,21	31,3	61,47	84,5	104	130	202
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62	12,18	16,43	20,05	24,8	48,18	65,92	81,17	101	157
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,6	129
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,7	110
7	0,14	0,32	0,45	1	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,3
8	0,13	0,3	0,42	0,94	1,33	2,3	2,97	4,2	5,92	7,42	9,9	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,7	86,2
9	0,12	0,28	0,4	0,88	1,25	2,17	2,8	3,96	5,6	6,86	9,12	11,03	13,5	26,39	37,24	41,76	51,6	78,3
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31	6,5	8,5	10,23	12,54	23,49	31,61	38,5	47,53	71,9
11	0,11	0,25	0,36	0,8	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06	6,2	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,15	66,62
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	35,55	41,3	62,2
13	0,1	0,23	0,33	0,74	1,04	1,8	2,37	3,29	4,66	5,7	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	31,62	38,9	58,44
14	0,1	0,22	0,32	0,71	1	1,74	2,24	3,17	4,49	5,5	7,1	8,4	10,04	18,46	24,69	29,95	36,81	55,2

Приведем несколько примеров решения вышеизложенных задач.

**Пример 1.** На трубопроводе с жидким хлором, находящимся под давлением, произошла авария. Количество вытекающей из трубопровода жидкости не установлено. В технологической системе содержалось 40 т сжиженного хлора. Требуется определить глубину зоны возможного заражения хлором, если с момента начала аварии прошел 1 ч, а продолжительность действия источника заражения - это время испарения хлора. Метеоусловия на момент аварии: скорость ветра 5 м/с, температура воздуха 0 °С, изотермия. Разлив АХОВ на подстилающей поверхности - свободный.

**Решение:** 1. Так как количество разлившегося хлора неизвестно, то принимаем его равным максимальному - **40 т**.

2. По формуле (4.1) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:  $Q_1 = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_D = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 40 = 1 \text{ (т.)}$

3. По формуле (4.9) определяем время испарения хлора:

$$t_{\text{и}} = h \cdot d / (K_2 K_4 K_7) = 0,005 \cdot 1,553 / (0,052 \cdot 2,34 \cdot 1) = 0,64 \text{ ч} = 38 \text{ (мин.)}$$

4. По формуле (4.3) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке  $Q_2 = (1 - K_1) \cdot K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_D / (h \cdot d) =$

$$= (1 - 0,18) \cdot 0,52 \cdot 1 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 40 / (0,05 \cdot 1,553) = 11,8 \text{ (т.)}$$

5. По таблице 4.9 для 1 т находим глубину зоны заражения от первичного облака:  $\Gamma_1 = 1,68 \text{ км}$ .

6. Находим глубину зоны заражения от вторичного облака. Согласно табл. 4.5 глубина зоны заражения для 10 т составляет 5,53 км, а для 20 т - 8,19 км. Интерполированием находим глубину зоны заражения для 11,8 т:  $\Gamma_2 = 5,53 + [(8,19 - 5,53) / (20 - 10)] \cdot (11,8 - 10) = 6 \text{ км}$ .

7. Находим полную глубину зоны заражения:  $\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'' = 6 + 0,5 \cdot 1,68 = 6,84 \text{ км}$ ,

8. По формуле 4.4 находим предельно возможную глубину переноса воздушных масс:  $\Gamma_{\text{н}} = NV = 1 \cdot 29 = 29 \text{ км}$ .

**Вывод.** Глубина зоны заражения хлором в результате аварии может составить **6,8 км.** Продолжительность действия источника заражения - около **40 мин.**

**Пример 2:** Оцените, на каком расстоянии через **4 ч** после аварии будет, сохраняться опасность поражения населения и зоне химического заражения при разрушении изотермического хранилища аммиака емкостью **30000 т.**

Высота обваловки емкости **3,5 м.** Температура воздуха **20°C.**

**Решение.** 1. Поскольку метеоусловия и объем выброса неизвестны, то принимаем: метеоусловия - инверсия, скорость ветра **1 м/с**; выброс равен общему количеству вещества, содержащегося в емкости, - **30000 т.**

2. По формуле ( 4.1) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке  $Q_I = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_D =$

$$= 0,01 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3000 = 12 \text{ (т.)}$$

3. По формуле (4.9) определяем время испарения аммиака:

$$tu = h \cdot d / (K_2 \cdot K_4 \cdot K_7) =$$

$$= (3,5 - 0,2) 0,68 / (0,025 \cdot 1 \cdot 1) = 89,9 \text{ (ч.)}$$

4. По формуле ( 4.3) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:  $Q_2 = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_D / (h \cdot d) =$

$$= (1 - 0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1,4^{0,8} \cdot 1 \cdot 3000 / [(3,5 - 0,2) 0,681] = 40 \text{ (т.)}$$

5. По таблице 4.9 для **12 т** интерполированием находим глубину заражения от первичного облака аммиака:

$$\Gamma_1 = 19,2 + [(29,56 - 19,2) / (20 - 10)](12 - 10) = 21,3 \text{ (км.)}$$

6. Аналогично для **40 т** находим глубину заражения от вторичного облака аммиака:  $\Gamma_2 = 38,13 + [(52,67 - 38,13) / (50 - 30)] \cdot (40 - 30) = 45,4 \text{ (км.)}$

7. Полная глубина зоны заражения  $\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'' =$

$$= 45,4 + 0,5 \cdot 21,3 = 56,05 \text{ (км.)}$$

8. По формуле 4.4 находим предельно возможную глубину переноса воздушных масс:  $\Gamma_u = N \cdot v = 4 \cdot 5 = 20 \text{ (км.)}$

**Вывод.** Через **4** часа после аварии облако зараженного воздуха может представить опасность для населения, проживающего на расстоянии **20 км** от места аварии.

**Пример 3.** На участке аммиакопровода произошла авария с выбросом аммиака. Объем выброса не установлен. Определите глубину зоны возможного заражения аммиаком через **2 ч** после аварии. Разлив аммиака на подстилающей поверхности - **свободный**. Температура воздуха **20 °С**.

Решение. 1. Так как объем разлившегося аммиака неизвестен, то принимаем его равным **500 т** - максимальному количеству, содержащемуся в трубопроводе между автоматическими отсекающими. Метеоусловия принимаются следующими: инверсия, скорость ветра **1 м/с**.

2. По формуле (4.1) определяем эквивалентное количество вещества в первичном облаке:  $Q_1 = K_1 K_3 K_5 K_7 Q_2 =$

$$= 0,18 \cdot 0,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 500 = 3,6 \text{ (т.)}$$

3. По формуле (4.9.) определяем время испарения аммиака:

$$t_u = h \cdot d / (K_2 K_4 K_7) = 0,05 \cdot 0,681 / (0,025 \cdot 1 \cdot 1) = 1,4 \text{ (ч.)}$$

4. По формуле (4.3) определяем эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:  $Q_2 = (1 - K_1) K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 Q_0 / (h \cdot d) =$

$$= (1 - 0,1) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4^{0,8} \cdot 1 \cdot 500 / (0,05 \cdot 0,681) = 15,8 \text{ (т.)}$$

5. По таблице 4.9 для **3,6 т** интерполированием находим глубину зоны заражения от первичного облака:

$$\Gamma_1 = 19,2 + [(12,53 - 9,18) / (5 - 3)] \cdot (3,6 - 3) = 10,2 \text{ (км.)}$$

6. По таблице 4.9 для **15,8 т** аналогично находим глубину зоны заражения от вторичного облака:  $\Gamma_2 = 19,2 + [(29,56 - 19,2) / (20 - 10)](15,8 - 10) = 25,2 \text{ (км.)}$

7. Полная глубина зоны заражения

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5 \Gamma'' = 25,2 + 0,5 \cdot 10,2 = 30,3 \text{ (км.)}$$

**Вывод.** Глубина зоны возможного заражения через **2 ч** после аварии

составит **10 км.**

Существуют более простые методики оценки глубины и площади зоны химического заражения АХОВ.

**1. Для приближенной оценки значения глубины зоны заражения (Г) пользуются таблицами 4.10 (Глубина ЗХЗ); 4.11 (Поправочный коэффициент для расчета глубины ЗХЗ);.**

Таблица 4.10.

**Глубина зоны химического заражения в км (Г)**

Кол-во СДЯВ, т	Аммиак		Хлор и фосфор		Хлорпикрин		Синильная кислота (водород цианистый)	
	Концентрация							
	Поражающая	Смертельная	Поражающая	Смертельная	Поражающая	Смертельная	Поражающая	Смертельная
5	0,5	0,1	4	0,9	13	0,4	2,4	8
25	1,3	0,4	11,5	2,5	38,3	1	7,1	5,5
50	2,1	0,6	18	3,8	58,5	1,5	12	9
100	3,4	1	30	6,3	97	2,5	18	14

Табличные значения уменьшаются при изотермии в 1,3 раза, при конвекции в 1,6 раза. При скорости ветра более 1 м/с применяются поправочные коэффициенты, приведенные в таблице 4.11.

Таблица 4.11

**Поправочный коэффициент для расчёта глубины ЗХЗ**

Скорость ветра м/с	1	3	5	7	9	10
Поправочный коэффициент	1	2,1	2,9	3,7	4,3	4,5

Для необвалованных емкостей с АХОВ глубина распространения облака (Г) увеличивается в 1,5 раза.

Ширина **ЗХЗ** может быть рассчитана по следующим приближённым формулам:

**Ш = 0,03 г** - при инверсии;

$\Pi = 0,15 \Gamma$  - при изотермии;

$\Pi = 0,8 \Gamma$  - при конвекции.

Площадь зоны химического заражения  $S$  принимается как площадь равнобедренного треугольника.

$$S = \frac{1}{2} \cdot \Gamma \cdot \Pi, \quad (4.7)$$

#### 4.7. Определение времени подхода заражённого воздуха к определённому рубежу

Время подхода облака заражённого воздуха к определенному объекту определяется:

$$t = \frac{R}{W} \quad (4.8.)$$

где  $R$  - расстояние от места разлива СДЯВ до объекта;  $W$  - средняя скорость переноса облака воздушным потоком, м/с.

Облако зараженного воздуха распространяется на высоты, где скорость ветра больше, чем у поверхности земли. Вследствие этого средняя скорость  $W$  будет больше, чем скорость ветра на высоте 1 м. Для определения  $W$  используют таблицу 4.12.

Таблица 4.12

Средняя скорость переноса облака  $W$  воздушным потоком, м/с

Скорость ветра, $V$ , м/с	Инверсия		Изотермия		Конвекция	
	$R < 10$ км	$R > 10$ км	$R < 10$ км	$R > 10$ км	$R < 10$ км	$R > 10$ км
1	2	2,2	1,5	2	1,5	1,8
2	4	4,5	3	4	3	3,5
3	6	7	4,5	6	4,5	5
4	-	-	6	8	-	-
5	-	-	7,5	10	-	-
6	-	-	9	12	-	-

#### **4.8. Определение времени поражающего действия АХОВ**

Продолжительность поражающего действия АХОВ определяется временем его испарения с площади разлива. Время испарения АХОВ с площади разлива (в часах) определяется, по следующему соотношению:

$$t_{\text{И}} = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}; \quad (4.9)$$

где  $h$  - толщина слоя АХОВ, м;

$d$  - удельный вес АХОВ, т/м<sup>3</sup> (плотность АХОВ)

$K_2, K_7$  - коэффициенты табл. 4.5.

$K_4$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл.4.6).

Толщина слоя жидкости для АХОВ ( $h$ ), разлившихся свободно на подстилающей поверхности, принимается равной 0.05 м по всей площади разлива.

Для АХОВ, разлившихся в обваловку,  $h$  определяется из соотношения:

$$h = H - 0.2, \text{ где } H - \text{высота поддона (обвалования), м.}$$

#### **4.9. Определение границ возможных очагов химического заражения**

Для определения границ вторичных очагов химического поражения по прогнозу необходимо нанести на карту зону возможного химического заражения и выделить объекты, населённые пункты, которые попадают в прогнозируемую зону химического заражения. Расчетные границы этих объектов поражения определяются разведкой.

**Определение возможных потерь людей в очаге химического поражения.**

Потери зависят от численности людей, оказавшихся в очаге поражения, степени защищённости их и своевременного использования

средств индивидуальной защиты (противогазов). Потери определяется по данным в таблице 4.13.

Таблица 4.13.

### Определение потерь людей, %

Условия нахождения людей	Без противогазов	Обеспеченность людей противогазами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На открытой местности	90-100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В простейших укрытиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

### Ориентировочная структура потерь, % :

1. *санитарные легкой формы тяжести - 25%*;
2. *санитарные тяжелой и средней форм тяжести с выходом из строя на 2-3 недели с необходимостью госпитализации - 40%*;
3. *безвозвратные потери, со смертельным исходом – 35%*.

Рассмотрим решения задач по оценке химической обстановки на объектах, имеющих АХОВ (по упрощенной методике для приближенной оценке значения глубины зоны заражения и площади).

**Задача 1.** На объекте разрушилась необвалованная емкость, содержащая **100 т** аммиака ( $d = 0,68 \frac{m}{m^3}$ ). Местность открытая, скорость ветра в приземном слое **3 м/с**, изотермия. **Определить размеры и площадь зоны химического заражения (поражающую).**

1. По табл. 4.10 и 4.11 находим глубину зоны химического заражения (ЗХЗ).  $G = 3,4/1,3 \cdot 2,1 \cdot 1,5 = 8,24 км$

2. Определяем ширину зоны химического заражения, которая составляет при изотермии:

$$Ш = 0,15 Г.$$



$$Ш = 0,15 \cdot 8,24 = 1,24 \text{ км.}$$

3. Вычисляем площадь зоны химического заражения

$$S = \frac{1}{2} \tilde{A} \cdot \varnothing$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot 8,24 \cdot 1,24 = 5,11 \text{ км}^2$$

**Задача 2.** В результате аварии на объекте, расположенном на расстоянии **9 км** от населенного пункта, разрушены коммуникации со сжатым аммиаком. Метеоусловия: изотермия, скорость ветра  $V = 5$  м/с. Определить время подхода зараженного воздуха к объекту.

**Решение:** по формуле  $t = \frac{R}{W}$  определяем время подхода облака зараженного воздуха предварительно найдя среднюю скорость переноса облака воздушным потоком ( $W$ ) по табл. 4.8  $W = 7,5$  м/с, получаем

$$t = \frac{9000 \text{ м}}{7,5 \text{ м/с} \cdot 60} = 20 \text{ мин}$$

**Задача 3.** Определить возможные потери ( $\Pi$ ) людей, оказавшихся в очаге химического поражения и расположенных в жилых домах (всего **300** человек). Люди обеспечены противогазами на **90%**. Определить также структуру потерь.

**Решение:** по табл. 4.13 находим потери людей в %,  $\Pi = 9\%$ , что составляет (от 300 человек) 27 человек, из них поражения легкой степени составляют  $27 \cdot 0,25 = 7$  человек, средней и тяжелой –  $27 \cdot 0,4 = 11$  человек и со смертельным исходом –  $27 \cdot 0,35 = 9$  человек.

Проверьте свои знания и решите комплексную задачу по оценке химической обстановки в очаге химического поражения, образовавшегося в результате разлива АХОВ.

### **Контрольная работа**

Исходные данные для решения задачи представлены по вариантам в таблице 4.14.

На химическом предприятии разрушена обвалованная емкость с АХОВ. Количество разлившегося АХОВ **G, т**. Скорость ветра **V м/с**, высота обвалования **H, м** время прошедшее после начала аварии (**N**) равно **1 часу**.

**Определить:**

- 1) параметры зоны заражения – глубину, ширину и площадь ( **G, Ш, S** );
- 2) время подхода зараженного облака к жилому массиву, расположенному на расстоянии **R км**;
- 3) время поражающего действия АХОВ;
- 4) потери людей, учитывая, что в зоне заражения проживает **M тыс. человек**. Обеспеченность противогАЗами в %. Определить структуру потерь.

Таблица 4.14

**Исходные данные для решения комплексной задачи.**

№ ВАРИАН-	АХОВ	G, т	МЕТЕОУСЛОВИЯ		ВЫСОТА ОБВАЛОВАНИЯ, H, м	R, км	M, тыс. чел	ОБЕСП. ПРОТИВОГАЗАМИ P, %
			СТЕПЕНЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ	V, м/с				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	АММИАК	100	ИЗОТЕРМИЯ	5	1	5	200	100
2	ХЛОР	100	ИНВЕРСИЯ	3	1	6	100	90
3	Син. КИСЛОТА	25	ИЗОТЕРМИЯ	6	0,8	12	150	50
4	ХЛОРПИКРИН	50	ИНВЕРСИЯ	3	0,8	8	300	80
5	Син. КИСЛОТА	5	КОНВЕКЦИЯ	1	1	10	100	70
6	ХЛОРПИКРИН	25	ИЗОТЕРМИЯ	5	0,9	5	250	90
7	АММИАК	25	ИНВЕРСИЯ	2	0,7	10	25	30
8	ХЛОРПИКРИН	5	КОНВЕКЦИЯ	3	1	6	15	30
9	Син. КИСЛОТА	5	КОНВЕКЦИЯ	3	0,8	12	80	90
10	Син. КИСЛОТА	50	ИНВЕРСИЯ	3	0,9	16	18	60
11	АММИАК	5	ИЗОТЕРМИЯ	3	1	12	120	30
12	АММИАК	50	КОНВЕКЦИЯ	2	0,8	10	70	40
13	АММИАК	50	ИНВЕРСИЯ	1	0,9	7	90	50
14	АММИАК	100	КОНВЕКЦИЯ	3	1	9	80	80
15	ХЛОР	50	ИЗОТЕРМИЯ	5	1	8	110	90

Продолжение таблицы 4.14.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	Хлор	50	конвекция	3	0,9	10	200	80
17	Хлор	25	изотермия	6	0,8	7	28	60
18	Хлор	25	инверсия	3	0,9	12	35	70
19	Хлор	25	конвекция	1	1	13	45	90
20	Хлор	5	инверсия	2	1	5	100	80
21	Хлор	5	изотермия	5	0,8	12	90	90
22	Хлор	5	конвекция	3	0,9	8	150	100
23	Аммиак	45	конвекция	2	0,9	15	300	80
24	Фтор	70	изотермия	1	1,2	13	400	70
25	Фосген	60	инверсия	4	1,3	14	350	60
26	Фтор	80	изотермия	2	1	11	300	50
27	Фосген	60	конвекция	4	1,1	15	200	60
28	Формальдегид	35	изотермия	2	1,2	16	450	30

## 5. Упрощенная методика оценки возможности возгорания

### 5.1. Методические подходы к расчетам

Тепловое воздействие пламени происходит на основе превращения тепла в энергию электромагнитных волн в основном инфракрасного диапазона, которые распространяются в вакууме со скоростью света ( 300 тыс.км./с). Тела поглощают инфракрасные и световые лучи, превращая их тепловую энергию, которая аккумулируется в них, что приводит к **возгоранию при выполнении условия  $q > q_{кр}$** .

Вычисляемое на основе закона лучеиспускания Стефана-Больцмана значение плотности теплового потока, используемое для оценки безопасных расстояний, существенно зависит от продолжительности воздействия. Минимально необходимое для возгорания материала, из которого состоит облучаемое тело, тепловое излучение, воздействующее на это тело в течение определенного времени, называется критическим тепловым излучением.

В таблице №12 Приложения приведены значения  $q_{кр}$  для различных материалов при продолжительности воздействия **3, 5 и 15** минут.

Возможность возгорания конструкций и материалов, а также безопасное удаление людей от очага пожара являются главными показателями, характеризующими пожарную безопасность.

Главным источником на открытых пожарах является излучение факела, которое вызывает возгорания или оказывает тепловое воздействие на людей.

Лучистый теплообмен при пожарах представляет собой сложный физический процесс, зависящий от большого числа факторов, характеризующих как сам процесс формирования теплового излучения, так и его воздействие на окружающие тела. Учесть каждый из этих факторов в аналитическом выражении, описывающем процесс теплообмена, не представляется возможным, поэтому при проведении расчетов учитываются только

ОСНОВНЫЕ ИЗ НИХ.

## 5.2. Определение плотности теплового потока

Соотношение, оставленное для оценки возможности возгорания материала применительно к паре *источник излучения – облучаемое тело*, основывается на использовании закона **Стефана-Больцмана** и имеет следующий вид:

$$q = C_0 \varepsilon_{\text{пр}} \psi_{12} \left[ \left( \frac{T_{\text{и}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{\text{м}}}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2 \quad 1)$$

где  $q$  - плотность теплового излучения, воздействующего на элементарную площадку на поверхности облучаемого тела, расположенную перпендикулярно направлению этого излучения;

$C_0$  - постоянная Стефана-Больцмана ( $C_0 = 5,67 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К}^4)$ );

$\varepsilon_{\text{пр}}$  - приведенная степень черноты пары источник-материал;

$\psi_{12}$  - коэффициент, определяющий долю лучистой энергии от полной поверхности излучающего тела, достигающую элементарной площадки на оцениваемом материале (индекс «12» - от первого тела ко второму);

$T_{\text{и}}$  - температура пламени (температура источника) в градусах К;

$T_{\text{м}}$  - температура самовоспламенения облучаемого материала (температура допустимая) в градусах К.

**Приведенная степень черноты** пары источник – материал определяется соотношением

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{и}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{м}}} - 1}$$

где:  $\varepsilon_{\text{и}}$  - степень черноты факела пламени;

$\varepsilon_{\text{м}}$  - степень черноты облучаемого материала.

Приведенное уравнение справедливо при двух допущениях:

– *учитывается только лучистый теплообмен, т.е. конвективным*

*теплообменом пренебрегаем;*

*– тела, между которыми происходит лучистый теплообмен, разделены не поглощающей средой.*

Значения параметров  $T_n$ ,  $T_m$ ,  $\epsilon_n$ ,  $\epsilon_m$  для ряда материалов приведены в таблицах №13-16 Приложения.

Взаимное размещение факела пламени и облучаемого тела учитывается с помощью коэффициента  $\Psi_{12}$ . Значение этого коэффициента зависит от формы и размеров факела пламени, а также от расположения облучаемой элементарной площадки по отношению к факелу пламени.

В практических расчетах факел пламени условно заменяется прямоугольной площадкой.

Для удобства расчетов прямоугольный факел пламени в свою очередь делится на несколько прямоугольников (чаще одинаковых с размерами  $a \times b$ ), а исследуемая точка возгорания выбирается на расстоянии  $r$  на нормали к одной из вершин прямоугольника с размерами  $a \times b$ . В этом случае сначала рассчитывается промежуточная величина  $\Psi'_{12}$ , а затем величина  $\Psi_{12}$ .

Значение  $\Psi_{12}$  может быть определено по формулам:

$\Psi_{12} = 4 \cdot \Psi'_{12}$  - в случае, когда элементарная площадка расположена напротив геометрического центра излучающей поверхности;

$\Psi_{12} = 2 \cdot \Psi'_{12}$  - в случае, когда элементарная площадка расположена на уровне нижней кромки излучающей поверхности.

При решении задач по определению  $\Psi'_{12}$  нужно пользоваться таблицей 5.1.

При определении величины  $\Psi'_{12}$  необходимо полученное числовое значение разделить на 10000.

Таблица 5.1

**Значение величины (  $10000 \psi'_{12}$  ) в зависимости от  $r/a$  и  $b/a$**

<b>b/a \ r/a</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	1197	1500	1689	1829	1934	2012	2073	2121	2160	2192	2218	2241	2260	2277	2291
<b>2</b>	589	906	1098	1247	1375	1485	1579	1661	1731	1792	1844	1890	1931	1966	1998
<b>3</b>	309	536	691	810	912	1006	1093	1174	1250	1320	1384	1444	1498	1548	1595
<b>4</b>	185	339	456	549	626	696	762	825	886	944	1001	1055	1107	1157	1205
<b>5</b>	121	229	318	391	452	505	555	602	647	692	736	779	821	862	903
<b>6</b>	86	164	233	290	340	383	422	458	493	527	560	593	626	658	690
<b>7</b>	63	123	177	223	264	299	331	361	389	415	441	467	4925	517	542
<b>8</b>	49	95	138	176	210	240	267	292	315	337	358	378	398	418	438
<b>9</b>	39	76	111	143	171	197	220	241	261	279	297	314	330	347	363
<b>10</b>	31	62	91	118	142	164	184	202	219	235	250	265	279	292	306
<b>11</b>	26	51	76	98	119	139	156	172	187	201	214	227	239	251	262
<b>12</b>	22	43	64	84	102	119	134	149	162	174	186	197	208	218	228
<b>13</b>	19	37	55	72	88	103	116	129	141	152	163	173	182	191	200
<b>14</b>	16	32	47	62	76	89	102	113	124	134	144	153	161	169	177
<b>15</b>	14	28	41	55	67	79	90	100	110	119	128	136	144	151	158
<b>16</b>	12	25	37	48	59	70	80	89	98	106	114	122	129	136	142
<b>17</b>	11	22	32	43	53	62	71	80	88	96	103	110	116	123	128
<b>18</b>	10	19	29	38	47	56	64	72	79	86	93	99	105	111	117
<b>19</b>	9	18	26	34	43	50	58	65	72	78	85	90	96	101	107
<b>20</b>	8	16	24	31	39	46	53	59	65	71	77	83	88	93	98

### 5.3. Определение размеров факела пламени

Правила определения размеров прямоугольной площадки, условно заменяющей пламя, зависят от типа горящего объекта. Рассмотрим некоторые из них.

#### 1. Горящие здания:

*- здания из несгораемых материалов.*

Площадь пламени равна удвоенной площади оконных проемов, причем высота пламени соответствует удвоенной высоте окна, а размеры простенков между окнами не учитываются.

*- здания из несгораемых материалов с крышей из сгораемых материалов.*

Площадь пламени равна удвоенной площади оконных проемов плюс площадь проекции ската крыши на вертикаль.

*- здания из сгораемых материалов.*

Высота пламени принимается равной высоте здания до конька крыши. Длина пламени определяется как произведение скорости распространения пламени, равной **1 м./мин.**, на время до начала тушения. Это время условно принимается равным **15 мин.** (*Полученная в результате длина пламени не должна превышать длину здания*).

#### 2. Резервуары с легко воспламеняющимися и горючими жидкостями.

Пламя в этом случае представляется в форме **конуса** с диаметром основания, равным диаметру резервуара, и высотой, равной

**1,4 диаметра – для ЛВЖ и**

**1,2 диаметра - для ГЖ.**

При условной замене конуса **прямоугольником** основание этого прямоугольника принимается равным диаметру резервуара, а высота

**0,7 диаметра – для ЛВЖ и**

**0,6 диаметра для ГЖ.**



**3. Пожар на производственной установке, расположенной на открытом воздухе и огражденной обваловкой.**

Длина пламени принимается равной диаметру обваловки, а высота - **10 м.**

**4. Горит штабель пиломатериалом.**

Высота пламени принимается равной **удвоенной высоте штабеля.** Длина пламени определяется как произведение скорости его распространения ( **1 м/мин**) на время до начала тушения пожара. *Полученная в результате длина пламени не должна превышать длину штабеля.*

**Примечание:** Размеры прямоугольника, условно заменяющего факел пламени, при подстановке в выражение для  $\psi'_{12}$  или при пользовании графиками обозначаются:

**a** - меньший из размеров, **b** - больший из размеров.

**5.4. Варианты задач для самостоятельной работы**

**Вариант 1**

Определить возможность переброса огня с одного штабеля пиломатериалов на другой, расположенных параллельно друг другу на расстоянии **12 метров.** Размер штабелей: длина – **20 м**, высота – **2 м.** Начало тушения через **15 минут** после загорания.

**Вариант 2**

Определить возможность переброса огня между штабелями пиломатериалов, расположенных на расстоянии **12 м.** Штабели расположены параллельно друг другу. Размер штабелей: длина – **8 м**, высота **4 м.** Начало тушения через **8 минут** после загорания.

**Вариант 3**

Определить возможность переброса огня с одного штабеля пиломатериалов на другой, расположенных параллельно друг другу на расстоянии **12 м.** Штабели расположены параллельно друг другу. Размер штабелей: длина – **8 м**, высота **4 м.** Начало тушения через **8 минут** после загорания.

териалов на другой, расположенных параллельно друг другу на расстоянии **10 метров**. Размер штабелей: длина – **15 м**, высота – **2 м**. Начало тушения через **10 минут** после загорания.

#### **Вариант 4**

Определить возможность переброса гоня с одного штабеля пиломатериалов на другой, расположенных параллельно друг другу на расстоянии **15 метров**. Размер штабелей: длина **20 м**, высота **3 м**. Начало тушения через **10 минут** после загорания.

#### **Вариант 5**

Определить возможность переброса огня между штабелями пиломатериалов, расположенных на расстоянии **10 м**. Штабели расположены параллельно друг другу. Размер штабелей: длина – **10 м**, высота – **3 м**. Начало тушения через **8 минут** после загорания.

#### **Вариант 6**

Определить возможность переброса огня с одного здания из соснового бревна на другое, расположенные параллельно друг другу на расстоянии **15 метров**. Высота зданий – **5 м.**, а длина **10 м**. Начало тушения через **15 минут** после загорания.

#### **Вариант 7**

Определить возможность переброса огня между домами из деревянного бруса, расположенных на расстоянии **10 метров**. Дома стоят параллельно друг другу с перекрытием на половину длины, которая равна **12 метров**, а высота **6 м**. Начало тушения через **10 минут** после загорания.

**Вариант 8**

Определить возможность переброса огня между резервуарами с нефтью, расположенными параллельно на расстоянии 15 м. Высота резервуара – 15 м. и диаметр также 15 м. Начало тушения через 15 минут после загорания.

**Вариант 9**

Определить возможность переброса огня между цистернами с ацетоном, расположенными в составе поезда друг за другом, диаметр цистерны 3 м., расстояние между ними – 3 м. Начало тушения через 3 минуты после загорания.

**Вариант 10**

Определить возможность переброса огня между цистернами с этиловым спиртом, расположенными в составе поездов, стоящих на соседних путях. Диаметр цистерны – 3 м., длина – 20 м., а расстояние между соседними путями – 5 м. Начало тушения через 5 минут после загорания.

## 6. Упрощенная методика оценки параметров взрыва

### 6.1. Основные положения методического подхода к расчету

Для принятия решений по защите от воздействия воздушной ударной волны (**ВУВ**) взрыва на здания, сооружения, технику или на людей, а также для выработки мер взрывобезопасности необходимы данные, характеризующие взрывы, которые могут происходить во время военных действий, в производственной сфере и в быту.

Расчетные методы позволяют определять значения параметров, характеризующих взрывы:

- вид и количество взрывчатого вещества (**ВВ**);
- условия взрыва;
- расстояние от места взрыва до места оценки его последствий;
- параметры ударной волны;
- степень повреждения (разрушения) зданий, сооружений, техники или степень поражения людей.

Вся совокупность задач по проведению расчетов может быть разделена на две группы:

- задачи прогнозирования последствий взрыва по заданному количеству **ВВ**;
- задачи определения количества **ВВ** по заданным последствиям взрыва.

### 6.2. Расчетные соотношения, используемые при решении задач.

#### Тротиловый эквивалент массы **ВВ**.

Количество взрывчатого вещества или его массу ( $M_{\text{ВВ}}$ ) при проведении расчетов выражают через *тротиловый эквивалент* –  $M_{\text{Т}}$ .

**Тротиловый эквивалент** представляет собой массу тротила, при взрыве которой выделяется столько же энергии, сколько выделится при взрыве заданного количества конкретного **ВВ**. Значение тротилового экви-

валента определяется по соотношению:

$$M_T = k \cdot M_{\text{ВВ}} \quad (6.1)$$

где:  $M_{\text{ВВ}}$  - масса взрывчатого вещества:

$k$  - коэффициент приведения *взрывчатого вещества* к тротилу, приведенный в таблице 6.1.

Таблица 6.1

**Значения коэффициента  $k$  приведения взрывчатого вещества к тротилу**

ВВ	Тротил	Тритонал	Гексоген	ТЭН	Аммонал	Порох	ТНПС	тетрил
<b>К</b>	1,0	1,53	1,3	1,39	0,99	0,66	0,39	1,15

Выражение (6.1) составлено для взрыва, при котором ударная волна распространяется во все стороны от точки взрыва беспрепятственно, т.е. в виде сферы. Очень часто на практике взрыв происходит на некоторой поверхности, например, на земле. При этом ударная волна распространяется в воздухе в виде полусферы.

- Для взрывов **на абсолютно твердой поверхности** вся выделившаяся при взрыве энергия распространяется в пределах *полусферы* и, следовательно, значение **массы взрывающегося вещества как бы удваивается** (*в определенных случаях можно говорить о сложении прямой и отраженной волны*).

Для взрыва **не на абсолютно твердой поверхности**, например, на грунте, *часть энергии расходуется на образование воронки*. Учет этого расхода выполняется с помощью коэффициента  $\eta$ , значения которого приведены в таблице 6.2. Чем меньше подстилающая поверхность позволяет затрачивать энергию на образование воронки, тем ближе значение коэффициента  $\eta$  к **1.0**.

Другой **предельный случай** соответствует ситуации, когда *подстилающая поверхность беспрепятственно пропускает энергию взрыва*,

например, **при взрыве в воздухе**. В этом случае значение коэффициента  $\eta$  равно **0,5**.

С учетом изложенного значение  $M_T$  в общем случае определяется по формуле:

$$M_T = 2 \eta \cdot k \cdot M \quad (6.2)$$

Выражение (2) для взрыва в воздухе, т.е. при  $\eta = 0,5$ , принимает вид (6.1).

Таблица 6.2

**Значения коэффициента  $\eta$ , учитывающего характер подстилающей поверхности**

<b>Поверхность</b>	<b>Металл</b>	<b>Бетон</b>	<b>Асфальт</b>	<b>Дерево</b>	<b>Грунт</b>
<b><math>\eta</math></b>	1,0	0,95	0,9	0,8	0,6

### **Закон подобия при взрывах**

Расчеты параметров ударной волны основываются на использовании соотношения, связывающего параметры взрывов разной мощности. Таким соотношением является **закон подобия кубического корня**. Согласно этому закону значения параметров ударной волны для взрыва некоторой мощности можно пересчитать для взрывов других мощностей, пользуясь выражениями закона подобия:

$$\tau_2 = \tau_1 \sqrt[3]{\frac{M_{T2}}{M_{T1}}} \quad (6.3)$$

$$R_2 = R_1 \sqrt[3]{\frac{M_{T2}}{M_{T1}}} \quad (6.4)$$

где:  $R_1, R_2$  - расстояния от центров двух взрывов до некоторых точек **1 и 2**, в которых параметры ударной волны этих взрывов равны между собой;

$M_{T1}, M_{T2}$  - массы зарядов ( точнее: эквиваленты масс, приведенные к некоторому эталону, в нашем случае к тротилу) ;

$\tau_1, \tau_2$  - время с момента взрыва до прихода ударной волны в эти точки.

Выражение (6.3) и (6.4) можно представить в виде:

$$\frac{R_2}{\sqrt[3]{M_{T2}}} = \frac{R_1}{\sqrt[3]{M_{T1}}} = \frac{R}{\sqrt[3]{M_T}} = \bar{R} \quad (6.5)$$

Величина  $\bar{R}$  называется приведенным радиусом взрыва и широко используется в различных расчетных соотношениях для определения параметров ударной волны взрыва.

### **6.3. Оценка степени повреждения зданий в условиях городской застройки**

Для оценки степени повреждения или разрушения зданий в городе широко используется формула, полученная в Великобритании по результатам анализа последствий бомбардировок во время Второй Мировой войны:

$$R = K \frac{\sqrt[3]{M_T}}{\sqrt[6]{1 + \left(\frac{180}{M_T}\right)^2}} \quad (6.5)$$

где: **R** - расстояние от места взрыва в метрах;

**M<sub>T</sub>** - тротиловый эквивалент заряда в килограммах;

**K** - коэффициент, соответствующий различным степеням разрушения:

**K < 5,6** – полное разрушение зданий;

**K = 5,6 - 9,6** – сильные разрушения здания (здание подлежит сносу);

**K = 9,6 - 28** – средние разрушения (возможно восстановление здания);

**K = 28 - 56** – разрушения внутренних перегородок, дверных и оконных проемов;

**K = 56** – разрушение 90% остекления.

#### *6.4. Варианты задач для самостоятельной работы*

##### **Вариант 1**

В **15 м** от узкой стены кирпичного промышленного здания на бетоне взорвалось **135 кг** гексогена. Определить степень разрушения ближайшей стены здания

##### **Вариант 2**

В **25 м** от входа в кирпичное промышленное здание на грунте взорвалось **100 кг** гексогена. Определить степень повреждения здания.

##### **Вариант 3**

В **15 м** от узкой стены кирпичного промышленного здания длиной **75 м** на бетоне взорвалось **135 кг** гексогена. Определить степень разрушения самой дальней стены здания.

##### **Вариант 4**

В **30 м** от выхода из кирпичного промышленного здания на асфальте взорвалось **90 кг** тритонала. Определить степень повреждения здания.

##### **Вариант 5**

Перед кирпичным промышленным зданием на асфальте взорвалось **180 кг** аммонала. Определить степень разрушения здания, если центр взрыва находился в **20 м** от входа.



## Приложение

Таблица 1.

**Коэффициент для пересчета уровней радиации на различное  
время после взрыва**

Время измерения уровней радиации, отсчитываемое от момента взрыва		Время после взрыва, на которое пересчитываются уровни радиации, (час)					
		0,5	1	2	3	4	12
МИНУТЫ	15	0,44	0,19	0,082	0,051	0,036	0,0096
	20	0,61	0,27	0,12	0,071	0,051	0,013
	25	0,8	0,35	0,15	0,094	0,067	0,018
	30	1	0,44	0,19	0,12	0,082	0,022
	40	1,4	0,61	0,27	0,17	0,12	0,031
	50	1,8	0,8	0,35	0,21	0,15	0,041
ЧАСЫ	1	2,3	1	0,44	0,27	0,19	0,051
	1,5	3,7	1,6	0,71	0,44	0,31	0,082
	2	5,3	2,3	1	0,61	0,44	0,12
	2,5	6,9	3	1,3	0,8	0,57	0,15
	3	3,6	3,7	1,6	1	0,71	0,19
	3,5	10	4,5	2	1,2	0,85	0,23
	4	12	5,3	2,3	1,4	1	0,27
	5	16	6,9	3	1,8	1,3	0,35
	6	20	8,6	3,7	2,3	1,6	0,44
	8	28	12	5,3	3,2	2,3	0,61
	10	36	16	6,9	4,2	3	0,8
	12	45	20	8,6	5,3	3,7	1
	18	74	32	14	8,6	6,1	1
СУТКИ	1	104	45	20	12	8,6	2,3
	2	240	104	45	28	20	5,3
	3	390	170	74	45	32	8,6
	4	550	240	104	64	45	12

Таблица 2.

**Время, прошедшее после взрыва до второго измерения радиации  
на местности (ч., мин.)**

Отношение уровня радиации при втором измерении к уровню радиации при первом измерении, P2/P1	Время между измерениями						
	МИНУТЫ			ЧАСЫ			
	15	30	45	1	1,5	2	2,5
0,95	6,00	12,00	18,00	24,00	36,00	48,00	60,00
0,90	3,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00
0,85	2,00	4,00	6,00	8,00	12,00	16,00	20,00
0,80	1,30	3,00	4,30	6,00	9,00	12,00	15,00
0,75	1,10	2,30	3,40	5,00	7,00	9,00	12,00
0,70	1,00	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00
0,65	0,50	1,40	2,30	3,20	5,00	7,00	8,00
0,60	0,45	1,30	2,10	3,00	4,30	6,00	7,00
0,55	0,40	1,20	1,50	2,30	3,50	5,00	6,00
0,50	0,35	1,10	1,45	2,20	3,30	4,30	5,30
0,45	0,30	1,00	1,30	2,00	3,00	4,00	5,00
0,40	-	0,55	1,25	1,50	2,50	3,40	4,40
0,35	-	0,50	1,20	1,45	2,35	3,30	4,20
0,30	-	-	1,10	1,35	2,20	3,10	4,00
0,25	-	-	1,05	1,30	2,10	3,00	3,40
0,20	-	-	1,00	1,20	2,00	2,40	3,20

Таблица 3.

**Средние уровни радиации на внешних границах зон  
Заражение на различное время после взрыва, р/ч**

Время после взрыва	В районе и на следе подземного взрыва, на следе взрывов наземного и на водной преграде				В районе наземного взрыва			
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
0,1	125	1260	3800	12500	65	650	900	6500
0,2	55	550	1650	5500	29	2900	870	2900
0,5	18	180	540	1800	10	100	300	1000
1	8	80	240	800	5	50	150	500
1,5	5	50	150	500	3,4	34	100	340
2	3,5	35	100	330	2,6	26	78	260
2,5	2,7	27	80	270	2,2	22	64	215
3	2	20	60	200	1,8	18	55	185
3,5	1,8	18	55	180	1,6	16	48	160
4	1,5	15	45	150	1,4	14	43	145
4,5	1,3	13	40	130	1,3	13	39	130
5	1	10	30	100	1,2	12	36	120
6	0,9	9	27	90	1	10	32	105
8	0,7	7	20	66	0,8	8	25	83
10	0,5	5	15	50	0,7	7	21	70
12	0,4	4	12	40	0,6	6	18	60
18	0,3	3	9	30	0,4	4	12	40
1	0,2	2	6	20	0,3	3	9	30
1,5	0,1	1	3	10	0,2	2	6	20
2	0,08	0,8	2,5	8	0,1	1	3	10
3	0,05	0,5	1,5	5	0,05	0,5	1,5	5
4	0,03	0,3	1	3,3	0,025	0,25	0,75	2,5
5	0,025	0,25	0,75	2,5	0,015	0,15	0,45	1,5

Таблица 4.

**Среднее значение коэффициента ослабления дозы радиации  $K_{осл}$**

Наименование укрытий и транспортных средств или условий расположения (действия) формирований ГО (нас)	$K_{осл}$
Открытое расположение на местности	1
Зараженные открытые окопы, щели	3
Дезактивированные или открытые на зараженной местности окопы	20
Перекрытые щели	50
Противорадиационные укрытия (ПРУ)	100 и более
Убежища	1000 и более
<b>ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА: Автомобили</b>	2
Железнодорожные платформы	1,5
Крытые вагоны	2
Пассажирские вагоны (локомотивы)	3
Производственные одноэтажные здания (цеха)	7
Производственные и административные трехэтажные здания	6
<b>ЖИЛЫЕ КАМЕННЫЕ ДОМА: Одноэтажные</b>	10
Подвал	40
Двухэтажные	15
Подвал	100
Трехэтажные	20
Подвал	200
Пятиэтажные	27
Подвал	400
<b>ЖИЛЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ ДОМА: Одноэтажные</b>	2
Подвал	7
Двухэтажные	8
Подвал	12
<b>РАЙОНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЙ</b>	
Район, оборудованный в течении 12-24 ч.	3
24 ч. и более	50
<b>В СРЕДНЕМ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ: Городского и</b>	8
<b>Сельского</b>	4

Таблица 5.

**Дозы облучения р, получаемые на открытой местности при  
уровни радиации 100 р/ч на 1 ч. После ядерного взрыва**

Время начала облучения с мо- мента взрыва (ч)	ВРЕМЯ ПРЕБЫВАНИЯ, Ч								
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	74	113	158	186	204	220	231	240	249
1	39	64,8	98,8	121	138	151	161	170	178
1,5	25	44,8	72,8	91,0	10,6	117	127	135	142
2	19	34,0	56,4	72,8	85,8	96,4	105	113	119
2,5	14	28,0	46,2	61,6	72,5	82,8	90,4	97,6	103,9
3	12	22,4	38,8	51,8	62,4	71,2	77,8	84,6	91,9
4	8,8	16,4	29,4	40,2	49,2	56,6	63,4	69,4	74,7
5	6,8	13,0	23,6	32,4	40,0	46,8	52,8	58,0	62,8
6	5,5	10,6	19,4	27,0	33,8	39,8	45,0	49,8	54,2
7	4,7	9,0	16,5	23,3	29,3	34,6	39,4	43,9	47,8
8	3,9	7,6	14,4	20,4	25,6	30,4	34,8	38,8	42,6
9	3,5	6,8	12,8	18,1	22,9	27,4	31,3	35,1	38,6
10	3,1	6,0	11,2	16,0	20,4	24,5	28,2	31,7	34,9
12	2,5	4,8	9,2	13,2	17,0	20,5	23,7	26,7	29,5
14	2,1	4,0	7,8	11,3	14,5	17,5	20,3	23,0	25,6
16	1,8	3,5	6,7	9,7	12,5	15,2	17,8	20,3	22,6
18	1,6	3,0	5,8	8,5	11,1	13,6	15,9	18,1	20,2
20	1,4	2,7	5,3	7,8	10,1	12,3	14,4	16,4	18,4
22	1,2	2,4	4,8	7,0	9,1	11,1	13,1	15,0	16,8
24	1,1	2,2	4,3	6,3	8,3	10,2	12,0	13,7	15,8
36	0,6	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6
48	0,5	1,0	2,0	3,0	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1
72	0,3	0,6	1,2	1,7	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2
96	0,2	0,4	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Продолжение таблицы 5.

Время на- чала облу- чения с момента взрыва (ч)	ВРЕМЯ ПРЕБЫВАНИЯ, Ч								
	9	10	12	14	16	18	20	22	24
0,5	256	262	273	282	289	295	301	306	310
1	184	190	201	209	216	222	228	233	237
1,5	149	154	164	172	179	185	190	195	199
2	125	131	140	148	155	161	166	170	174
2,5	109	115	123	131	137	143	149	152	156
3	95,8	100	110	117	124	130	134	138	142
4	79,4	83,8	91,6	98,3	104	109	114	118	122
5	67,2	71,2	78,5	84,7	90,2	95,3	99,8	104	108
6	58,2	62,0	68,7	74,5	79,8	84,6	88,9	92,9	96,6
7	51,6	55,2	61,6	66,7	71,6	76,1	80,2	83,8	87,2
8	46,1	49,3	55,1	60,4	65,2	69,5	73,5	77,2	80,5
9	41,8	45,3	50,4	55,2	59,6	63,7	67,3	70,5	73,4
10	37,9	40,7	46,0	50,8	55,1	59,7	62,8	66,2	69,4
12	32,2	34,8	39,6	43,9	47,9	51,4	54,7	57,9	60,8
14	28,1	30,4	34,7	38,7	42,4	45,7	48,9	51,8	54,2
16	24,8	26,9	30,9	34,6	37,9	41,1	44,0	46,4	48,8
18	22,0	24,0	27,7	31,0	34,2	37,1	39,5	41,9	44,3
20	20,3	22,1	25,4	28,5	31,1	33,5	35,9	38,3	40,6
22	18,5	20,1	23,3	26,2	28,6	31,0	32,4	34,8	37,0
24	16,9	18,5	21,4	23,8	26,2	28,6	30,9	33,1	35,1
36	10,7	11,8	14,0	16,0	17,9	19,4	21,1	22,7	24,3
48	7,9	8,7	10,2	11,6	13,0	14,4	15,6	16,8	18,0
72	4,7	5,3	6,2	7,2	8,4	8,9	9,7	10,5	11,3
96	4,4	4,8	5	6,4	7,2	8,0	8,6	9,2	9,8

**Примечание:** При определении доз облучения для других значений радиации необходимо найденную по таблице дозу облучения умножить на отношение  $P/100$ , где  $P$  – фактический уровень радиации на 1 ч. после взрыва.

Таблица 6.

**Допустимое время пребывания на местности, зараженной радио-  
активными веществами (ч. Мин.)**

$D_{\text{зад}}^*$ $K_{\text{осл}}$	Время с момента взрыва до начала облучения							
$P_{\text{вх}}$	МИН.	ЧАСЫ						
	30	1	2	3	4	5	6	7
0,2	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,3	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,4	0,40	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,5	1,00	0,40	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30
0,6	1,25	0,45	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,7	2,00	1,10	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45
0,8	2,55	1,30	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
0,9	4,00	1,40	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00
1	6,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,10	1,10	1,10
1,2	15,00	3,10	2,00	2,00	1,30	1,30	1,30	1,25
2	-	12,00	4,00	3,10	2,45	2,35	2,30	2,20
2,5	-	31,00	6,30	4,30	3,50	3,30	3,15	3,00
3	-	-	10,00	6,00	5,00	4,30	4,00	3,50
4	-	-	24,00	11,00	8,00	7,00	6,00	5,45
6	-	-	-	36,00	20,00	15,00	12,0	10,3
10	-	-	-	-	-	60,00	40,0	30,0

Продолжение таблицы 6.

$D_{\text{зад}}^*$ $K_{\text{осл}}$	Время с момента взрыва до начала облучения						
$P_{\text{вх}}$	ЧАСЫ						
	8	9	10	12	15	20	24
0,2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,5	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
0,6	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,7	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
0,8	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,9	1,00	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
1	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,2	1,25	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
2	2,20	2,10,2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
2,5	3,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,40	2,40
3	3,50	3,30	3,30	3,30	3,30	3,15	3,15
4	5,45	5,00	5,00	5,00	5,00	4,30	4,30
6	10,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,00	7,00
10	25,00	23,00	21,00	18,00	16,00	14,00	13



Таблица 7.

**Допустимое время пребывания на местности, зараженной радио-  
активными веществами (ч. Мин.)**

$\frac{P_{вх}}{D_{зад}K_{осл}}$	Время с момента взрыва до начала облучения									
	МИН.	ЧАСЫ								
	30	1	2	3	4	5	6	7	11	24
0,2										
0,3	2 су- ток	5 суток								
0,4	8	1 су- тки	4 су- ток							
0,5	5	16	2 су- ток							
0,6	2	8	1 су- тки							
0,7	1.42	6.30	19.30	1 су- тки						
0,8	1.25	5.00	15.00	1 су- тки						
0,9	1.07	3.30	10.30	18.00	1сутки	1сутки				
1	50	2	6.00	8.30	14.00	20.00	1сутки			
1,5	35	1.20	4.00	6.00	9.00	13.00	16.00	1сутки	1сутки	
2	21	45	2.00	3.00	4.00	6.00	8.00	9.30	16.00	
2,5	15	38	1.30	2.30	3.30	4.45	6.00	7.45	12.00	
3	8	30	1.00	2.00	3.00	3.30	4.00	6.10	9.00	1сут
4	4	20	45	1.15	1.45	2.20	3.00	3.30	6.00	18.00
5	-	12	36	55	1.20	1.40	2.00	2.40	4.00	11.30
6	-	9	30	45	1.15	1.30	1.45	2.20	3.45	10.00
8	-	-	22	33	48	1.00	1.20	1.40	3.00	7.00
10	-	-	18	25	40	50	1.00	1.20	2.00	6.00
20	-	-	-	12	21	25	28	38	1.00	2.30

Таблица 8.

**Режимы защиты и служащих и производственной деятельности объектов народного хозяйства в условиях радиоактивного заражения местности**

Наименование зоны	Уровни радиации на 1 час после взрыва Р/ч	Условное на- именование режима	Коэффициент ослабления	Время прекра- щения работы ОНХ (время непрерыв- но пребывания людей в защ. со- оружениях), (ч)				Продолжительность работы ОНХ с ис- пользованием для отдыха защитных сооружений, (ч)				Продолжительность режима с ограни- ченным пребывани- ем на открытой ме- стности,(ч)				Продолжительность соблюдения режи- ма сутки.
				K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	K1	K2	K3	K4	
				25 - 50	50 - 100	100 -200	>1000	25 - 50	50 - 100	100 -200	>1000	25 - 50	50 - 100	100 -200	>1000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
А	25	А-1	K1	до 2ч (на время выпадения РВ и выяснения радиац обстановки.)				можно не исполь- зовать.				до 10 ч.				до 0,5
			K2													
			K3													
			K4													
	50	А92	K1	до 3 ч.				можно не исполь- зовать.				до 21 ч.				1
			K2													
			K3													
			K4													
	80	А-3	K1	4				10				22				1,5
			K2		3				9				24			
			K3			3				8				25		
			K4				3				7				26	

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Б	100	Б-1	K1	6				16				26				2
			K2		4				14				30			
			K3			3				12				33		
			K4				3				9				36	
	140	Б-2	K1	8				24				28				2,5
			K2		6				18				36			
			K3			5				16				39		
			K4				4				12				44	
	180	Б-3	K1	12				36				48				
			K2		8				24				64			
			K3			6				20				70		
			K4				5				14				77	
	240	Б-4	K1	24				48				72				6
			K2		12				28				104			
			K3			8				24				112		
			K4				16				18				120	
В	300	Б-1	K1	48				72				120				10
			K2		16				32				192			
			K3			12				28				200		
			K4				8				24				208	
	400	Б-2	K1	96				120				144				15
			K2		24				48				288			
			K3			18				36				306		
			K4				12				32				316	
	500	Б-3	K1	144				168				168				20
			K2		36				60				384			
			K3			32				48				400		
			K4				24				40				416	

Продолжение таблицы 8

В	600	В-4	К1	*				*				*				25
			К2	*	48			*	72			*	480			
			К3	*		42		*		60		*		498		
			К4	*			36	*			48	*			516	
	800	В-5	К1	*				*				*				30
			К2	*	96			*	120			*	504			
			К3	*		72		*		96		*		552		
			К4	*			48	*			60	*			612	
Г	1000	Г-1	К1													40
			К2		168				240				552			
			К3			96				144				720		
			К4				72				120				768	
	1500	Г-2	К1	Защита				защита				защита				50
			К2													
			К3			192				240				768		
			К4	Не обеспечивается		144		Не обеспечивается		216		Не обеспечивается		840		
	2000	Г-3	К1													60
			К2													
			К3													
			К4				192				288				960	
	3000	Г-4	К1													90
			К2													
			К3													
			К4				240				360				1560	

**ПРИМЕЧАНИЯ: 1.** Рабочие и служащие работают в производственных зданиях (**Косл =7**) и проживают в каменных домах (**Косл =10**).

**2.** Режим (графы 13-16) предусматривает пребывание рабочих и служащих в течение суток на открытой местности до **2 ч.**, остальное время - в производственных зданиях и жилых домах.

Таблица 9.

**Ориентировочные данные  
о выходе личного состава из строя при внешнем облучении на  
местности, зараженной радиоактивными веществами в зависимости  
от величины дозы и времени воздействия в % ко всем облученным.**

Суммарная до- за радиации, р.	Длительность облучения			
	до 4 сут(однократ.)	до 10 сут.	до 20 сут.	до 30 суток.
450	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>
425	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>
400	100 <sup>X</sup>	100 <sup>X</sup>	100	100
375	100 <sup>X</sup>	100	100	95
350	100 <sup>X</sup>	100	95	90
325	100	98	90	80
300	100	95	80	65
275	95	80	65	50
250	85	65	50	35
225	70	50	35	25
200	50	30	20	10
175	30	20	10	5
150	15	7	5	0
125	5	2	0	0
100	0	0	0	0

X - Весь личный состав выходит из строя в первые сутки после набо-  
ра дозы. В остальных случаях выход из строя личного состава оценивается  
по следующей таблице:

Таблица 10.

**Ориентировочные данные  
о выходе личного состава из строя при внешнем облучении на  
местности**

доза, р.	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
<b>выход из строя, %</b>	0	5	15	30	50	70	85	95	100	100	100
<b>в том числе в первые сутки.</b>	0	0	0	5	15	30	50	70	90	95	100
<b>в последующие 1-2 недели рав- ными долями.</b>	0	5	15	25	35	40	35	25	10	5	0

Таблица 11.

**Остаточная доля от полученной дозы излучения**

Время прошедшее после предыдущего облучения $t_{пр}$ , недели.	1	2	3	4	6	8	10	12
Остаточная доля от полученной дозы излучения, К	0,9	0,75	0,6	0,5	0,35	0,25	0,17	0,13

Таблица 12.

**Значения критической плотности теплового потока  $q_{кр}$ , Вт/м<sup>2</sup>**

Материалы	Qкр при продолжительности облучения, мин		
	3 мин	5 мин	15 мин
Древесина с шероховатой поверхностью	20600	17500	12900
Древесина окрашенная	26700	23300	17500
Торф брикетный	31500	24500	13300
Торф кусковой	16600	14300	9800
Хлопок волокно	11000	9700	7500
Картон серый	18000	15200	1080
Стеклопластик	19400	18600	15300
Резина	22600	19200	14800
Горючие газы и огнеопасные жидкости с температурой самовоспламенения 0С (К):			
250(523)	7800	7200	5950
300(573)	11200	10300	8100
350(623)	15600	14200	11000
400(673)	20800	19000	14800
>500(>773)	-	-	28000
Допустимая плотность облучения человека без средств спец.защиты в течение длительного времени, qдоп	1050 8		
Кратковременно в течение 20 сек, с возможными тяжелыми последствиями	4000		

Таблица 13.

**Температура самовоспламенения некоторых веществ и материалов  $T_m$** 

<b>Материалы</b>	<b>Температура воспламенения, К</b>
Ацетон	883
Бензин, керосин	523
Дизельное топливо	573
Нефть	653
Мазут	573
Этиловый спирт	738
Древесина сосновая	568
Войлок строительный	643
Торф	498
Картон серый	700
Хлопок волокно	478
Допустимая температура на теле человека	313

Таблица 14.

**Степень черноты факела пламени ( $\epsilon_n$ )**

<b>Материалы</b>	<b>Степень черноты</b>
Каменный уголь, древесина, торф	0,7
Мазут, нефть	0,85
Бензин, керосин, дизельное топливо	0,98

Таблица 15.

**Средние температуры поверхности пламени ( $T_n$ )**

<b>Горючие материалы</b>	<b>Температура пламени, К</b>
Торф, мазут	1273
Древесина, нефть, керосин, Диз.топливо	1373
Каменный уголь, каучук, бензин	1473
Антрацит, сера	1573
Горючие газы	1773

Таблица 16.

**Степень черноты облучаемого материала ( $\epsilon_m$ )**

<b>Материалы</b>	<b>Степень черноты</b>
Сталь листовая	0,6
Сталь окисленная	0,8
Медь окисленная	0,56
Резина твердая	0,95
Резина мягкая	0,86
Дерево строганное, картон, торф	0,9
Толь кровельный	0,93
Эмаль белая, приплавленная к железу	0,9
Каменный уголь	0,8
Кожа человека	0,95

**Список рекомендованной литературы**

1. Азимов Ю.И. и др. Экономический ущерб и платежи за загрязнение окружающей природной среды : учебное пособие .- Казань, изд – во КГФЭИ, 1998.

2. Арустамов Э.А. и др. Безопасность жизнедеятельности: учебник для ВУЗ – ов. – М: Дашков и К, 2008.

3. Белов С.В. и др. Безопасность жизнедеятельности: учебник для ВУЗ – ов.- М: Высшая школа, 2005.

4. Гринин Л.С, Новиков В.Н. Безопасность жизнедеятельности.- М: ФИАР – ПРЕСС, 2003.

5. Иванов К.А. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие для студентов втузов. – М.: Графика, 1999.

6. Матрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебник для студентов ВУЗов. – М.: АСА ДЕМ/А, 2003.

7. Русак О.Н. и др. Безопасность жизнедеятельности. СПб, Лань, 2005. Хван Т.А., Хван П.Л. Безопасность жизнедеятельности: учебники и учебные пособия. – Ростов Н/Д: Феникс, 2000,

8. Хван Т.А., Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности: Практикум. – Ростов Н/Д: Феникс, 2006.